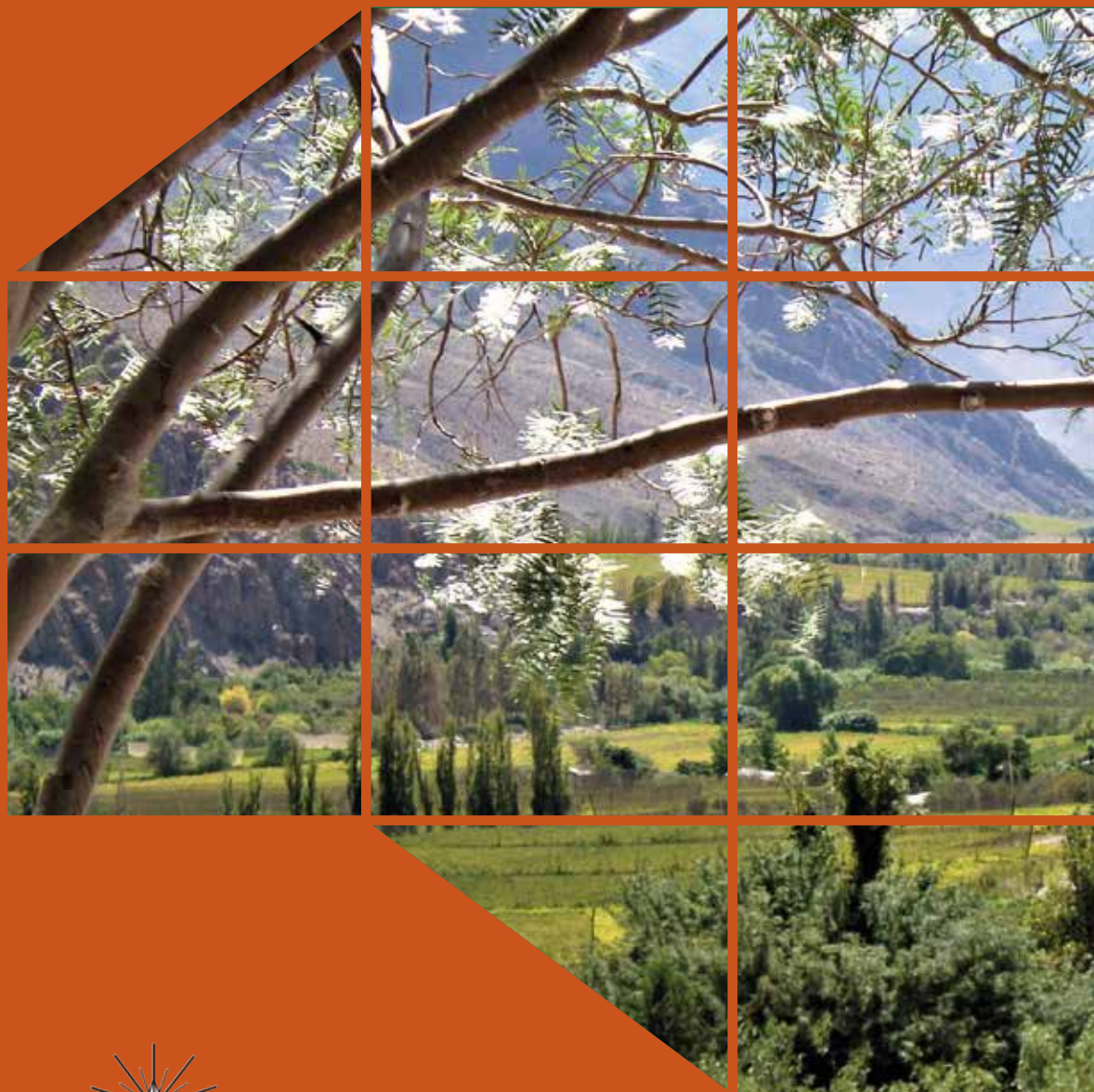


INFORME PAÍS ESTADO DEL MEDIO AMBIENTE EN CHILE 2018



UNIVERSIDAD DE CHILE

INSTITUTO DE ASUNTOS PÚBLICOS
CENTRO DE ANÁLISIS DE POLÍTICAS PÚBLICAS

COLABORACIÓN:



UNIVERSIDAD
TECNOLÓGICA
METROPOLITANA
del Estado de Chile



NACIONES UNIDAS

CEPAL

©CENTRO DE ANÁLISIS DE POLÍTICAS PÚBLICAS

INSTITUTO DE ASUNTOS PÚBLICOS

UNIVERSIDAD DE CHILE

IMPRESIÓN: **MAVAL IMPRESORES**

REGISTRO I.S.B.N **978-956-9343-10-0**

EDICIÓN Y CORRECCIÓN: **CENTRO DE ANÁLISIS DE POLÍTICAS PÚBLICAS**

IMPRESO EN CHILE

NOVIEMBRE 2019

INDICE GENERAL

Autorías	7	1.4. Región de Antofagasta	52
Presentación	9	1.4.1. Calidad de aire en la Comuna de Antofagasta	53
Prólogos	10	1.4.2. Calidad de aire en la Comuna de Calama	55
Agradecimientos	11	1.4.3. Calidad de aire en Chuquicamata	57
Prefacio	13	1.4.4. Calidad de aire en María Elena y Pedro de Valdivia	58
		1.4.5. Calidad de aire en la Comuna de Tocopilla	59
PRIMERA PARTE	15	1.4.6. Calidad de aire en Mejillones	61
Macropresiones SOBRE EL MEDIO AMBIENTE		1.4.7. Calidad de aire en Comuna de Sierra Gorda	62
1. El crecimiento económico global	16	1.4.8. Calidad de aire en Comuna de Taltal	63
2. Los sectores productivos	20	1.5. Región de Atacama	64
2.1. Minería, con énfasis en el cobre	20	1.6. Región de Coquimbo	68
2.2. Sector silvoagropecuario	21	1.7. Región de Valparaíso	71
2.3. Sector pesquero	21	1.7.1. Concentraciones de MP10, MP2,5 y SO2 en Quintero, Puchuncavi y Concón	72
2.4. Sector industrial	22	1.7.2. Calidad de aire en el resto de la Región de Valparaíso	75
2.5. Sector turístico	22	1.8. Región Metropolitana	80
3. La población chilena y el factor social		1.8.1. Concentraciones de MP10 y MP2,5	80
4. El cambio climático	26	1.8.2. Concentraciones de O3, SO2, NO2 y CO	85
4.1. Fenómenos atribuibles al cambio climático		1.8.3. Inventarios de emisiones	85
4.1.1. Anomalías de las temperaturas extremas	26	1.9. Región del Libertador	86
4.1.2. Anomalías en las precipitaciones	27	1.10. Región del Maule	89
4.1.3. Cambios en los regímenes de precipitaciones. Megasequía	28	1.11. Región del Ñuble	92
4.1.4. Olas de calor a nivel nacional por temporada	30	1.12. Región del Biobío	94
4.1.5. Cambios en el mar y en el borde costero	31	1.13. Región de la Araucanía	98
4.1.6. Cambios en los glaciares	33	1.14. Región de los Ríos	100
4.1.7. Cambios en la distribución de la biocenosis	34	1.15. Región de los Lagos	102
4.2. Pronósticos del cambio climático basados en modelos	34	1.16. Región de Aysén	105
4.2.1. Panorama general	34	1.17. Región de Magallanes	107
4.2.2. Cambios en la vegetación terrestre	35	1.18. Conclusiones y comentarios	108
4.2.3. Cambios en ambientes marinos	36	BIBLIOGRAFÍA	110
4.3. Centros de investigación universitaria sobre el cambio climático	37	2. AGUAS CONTINENTALES	112
4.3.1. Estudios del Centro de Ciencias de Clima y Resiliencia (CR2). (Universidad de Chile)	37	Introducción: Los recursos hídricos en el mundo	112
4.3.2. Estudios de Centro de Cambio Global (Pontificia Universidad Católica de Chile)	37	2.1. Patrimonio y estado de las aguas continentales	113
4.3.3. Centro de Agricultura y Medio Ambiente (AGRIMED) (Universidad de Chile)	37	2.1.1. Distribución de las precipitaciones y caudales	114
4.4. Déficit en los estudios del cambio climático	38	2.1.2. Aguas Subterráneas	123
4.5. Las acciones del Estado	39	2.1.3. Calidad de las Aguas	124
4.5.1. Los compromisos internacionales	39	2.1.4. Glaciares	135
4.5.2. Planes de Adaptación al Cambio Climático	40	2.2. Causas del estado de las aguas	136
		2.2.1. Uso del agua por los distintos sectores	136
		2.2.2. Tenencia de la tierra y su relación con el uso del agua	137
		2.2.3. Evolución de la capacidad de embalsamiento	140
		2.3. Derechos de aprovechamiento de agua	147
		2.3.1. Código de aguas	147
		2.3.2. Fuentes de contaminación por la actividad urbano-industrial	149
		2.3.3. Contaminación de agua por fuentes difusas y emergentes	154
		2.3.4. Contaminación de aguas subterráneas	155
SEGUNDA PARTE			
ESTADO DEL MEDIO AMBIENTE Y DEL PATRIMONIO NATURAL			
1. AIRE	45		
1.1. Antecedentes generales	45		
1.2. Región de Arica y Parinacota	49		
1.3. Región de Tarapacá	50		

2.3.5	Proyecciones de nuevos embalses	156	5. SUELOS	274
2.3.6	Causas antrópicas de cambios en los glaciares	157	5.1. Estado de los suelos	274
2.4.	Gestión ambiental de las aguas continentales	160	5.1.1. El patrimonio edáfico	274
2.4.1	Organizaciones de usuarios del agua	160	5.1.2. Capacidad de uso de los suelos	277
2.4.2	Caudales ecológicos	161	5.1.3. Estado de conservación de los suelos	278
2.4.3	Acciones para el control de la contaminación	162	5.2. Causas de la degradación del suelo	294
2.4.4	Gestión de recursos hídricos: instituciones e instrumentos	163	5.2.1. Uso actual de los suelos	294
2.5.	Compromisos internacionales y recomendaciones sobre cambio climático	165	5.2.2. Deforestación	297
2.6.	Mapa institucional	165	5.2.3. Expansión urbana	298
2.7.	Carretera hídrica	166	5.2.4. Prácticas silvoagropecuarias perjudiciales	299
2.8.	Conclusiones	166	5.2.5. Contaminación de suelos	301
BIBLIOGRAFÍA	169	5.2.6. Incendios	302	
		5.2.7. Pérdida y degradación por deslizamiento, vulcanismo y dunas	304	
		5.2.8. Causas de erosión y geografía	304	
3. BOSQUES NATIVOS	171	5.3. Gestión ambiental del suelo	305	
3.1.	Estimación del área de bosque nativo	171	5.3.1. Principales leyes que regulan el uso del suelo	309
3.2.	Amenazas a los bosques nativos	173	5.3.2. Acciones institucionales para el manejo del suelo	312
3.2.1	Presión productiva	173	5.3.3. Necesidad de una ley de suelos	312
3.2.2	Destrucción y deterioro de los bosques nativos	180	5.4. Conclusiones	315
3.2.3	Vulnerabilidad de los bosques nativos ante el cambio climático	198	BIBLIOGRAFÍA	315
3.3.	Acciones para la conservación y el manejo sustentable del bosque nativo	201	6. ECOSISTEMAS MARINOS Y DEL BORDE COSTERO	319
3.3.1	Ley N° 20.283 sobre Recuperación del Bosque Nativo y Fomento Forestal	201	6.1. Estado del borde costero y ecosistemas marinos	319
3.3.2	Certificación Forestal	204	6.1.1. El borde costero	319
3.4.	Bosques nativos: compromisos y políticas ante el cambio climático	205	6.1.2. Caracterización de los distintos hábitats marinos	321
3.4.1	El bosque nativo y la mitigación del cambio climático	205	6.1.3. Estado de la biota del borde costero	324
3.4.2	Iniciativas y compromisos nacionales en gestión de bosques nativos ante el cambio climático	207	6.1.4. Estado de la contaminación de los ecosistemas marinos y del borde costero	379
3.4.3	Perspectivas de la mitigación mediante los bosques nativos y las plantaciones forestales	209	6.1.5. Las alteraciones y su relación con el cambio climático	399
3.4.4	El Informe del IPCC sobre clima y uso del suelo de agosto de 2019	210	6.2. Causas del estado de los ecosistemas marinos del borde costero	404
3.5.	CONCLUSIONES	211	6.2.1. Causas incidentes en el estado de los recursos marinos	404
AGRADECIMIENTOS	215	6.2.2. Los desequilibrios derivados de la explotación del mar	408	
BIBLIOGRAFÍA	215	6.3. Iniciativas legales para la gestión ambiental del borde costero	418	
		6.3.1. Introducción	418	
4. BIODIVERSIDAD	220	6.3.2. Medidas de gestión del espacio marítimo del borde costero y de sus recursos	419	
4.1.	El patrimonio biológico: evolución y características	220	6.3.3. Normas de protección de los recursos y la contaminación del medio marino	431
4.1.1	Diversidad genética	222	6.3.4. Políticas dirigidas al cambio climático	457
4.2.	Estado de conservación de la biodiversidad	233	6.3.5. Conclusiones	457
4.2.1	Estado de conservación a nivel de especies	234	7. MINERALES E HIDROCARBUROS	459
4.2.2	Servicios ecosistémicos	237	7.1. Introducción	459
4.3.	Causas del estado de la biodiversidad	239	7.2. Estado de los recursos mineros y el impacto de la minería	460
4.3.1	Pérdida y degradación de hábitat	240	7.2.1. Factores naturales de envejecimiento de la minería	461
4.3.2	Sobreexplotación y uso insostenible de recursos	242	7.3. Los tres ciclos económicos del cobre chileno	461
4.3.3	Especies exóticas invasoras	242	7.3.1. Los ciclos y el superciclo	461
4.3.4	Contaminación	248	7.3.2. Políticas públicas e impactos ambientales	463
4.3.5	Cambio Climático	248	7.3.3. La energía, agua y gases efecto invernadero	465
4.4.	Políticas para la gestión ambiental de la diversidad biológica	248	7.3.4. Tranques de relaves	465
4.4.1	Contexto global	248	7.3.5. Las fundiciones de cobre	467
4.4.2	La estrategia nacional de biodiversidad	249	7.4. La transición mundial hacia energías renovables y la electromovilidad	468
4.4.3	Conservación in situ: Áreas protegidas	252	7.4.1. La transición hacia energías renovables	468
4.4.4	Conservación ex situ	255	7.4.2. La transición hacia la electromovilidad	469
4.4.5	Restauración de ecosistemas	257	7.5. Desafíos: Litio, los encadenamientos, medio ambiente y sociedad del conocimiento	470
4.4.6	La percepción de los diversos actores	258	7.5.1. Expansión de la producción de litio	470
4.4.7	Avances para el conocimiento de la biodiversidad y desafíos pendientes	259	7.5.2. Encadenamientos productivos y repercusiones ambientales	470
4.5.	Conclusiones	260	7.5.3. Hacia una sociedad del conocimiento	472
BIBLIOGRAFÍA	261	BIBLIOGRAFÍA	473	
ANEXOS	285	Cuadros estadísticos	475	

8. ASENTAMIENTOS HUMANOS	477	TERCERA PARTE	
8.1 los asentamientos humanos en Chile 1992 a 2017	477	INSTITUCIONALIDAD Y GESTIÓN AMBIENTAL	
8.1.1 El Sistema de asentamientos	477	INTRODUCCIÓN	548
8.1.2 La urbanización	479	1. Marco constitutivo y legal	549
8.1.3 Las ciudades y su distribución en las Regiones del país	480	1.1. Precedentes institucionales	549
8.1.4 La dinámica de crecimiento y decrecimiento de las ciudades	481	1.2. Institucionalidad ambiental	550
8.1.5 Las conurbaciones	483	1.2.1. Ministerio de Medio Ambiente	551
8.2. Calidad de vida y medio ambiente urbano	485	1.2.2. Consejo de Ministros para la Sustentabilidad	553
8.2.1. Calidad de vida en las ciudades	485	1.2.3. Consejos Consultivos del Ministerio de Medio Ambiente	554
8.3. Calidad ambiental e impactos ambientales	500	2. Evaluación ambiental	554
8.3.1. Calidad del aire (detalles en el capítulo de Aire)	500	2.1. Servicio de Evaluación Ambiental	554
8.3.2. La generación de residuos sólidos domiciliarios	500	2.2. Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental	
8.3.3. Cambio climático y desastres naturales: vulnerabilidad y riesgo	514	2.2.1. Descripción básica del sistema	555
8.4. Gestión ambiental de los asentamientos humanos	518	2.2.2. Estadísticas del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental	558
BIBLIOGRAFÍA		2.2.3. Críticas al Sistema de Evaluación Ambiental y propuesta de reforma	565
ANEXO	523	2.2.4. Iniciativas extra-institucionalidad ambiental	569
9. ENERGÍA		3. Fiscalización ambiental	575
9.1. El desarrollo energético en 2018	527	3.1. Superintendencia de Medio Ambiente	575
9.1.1. Matriz energética y balance nacional de energía	527	3.1.1. Antecedentes	575
9.1.2. Evolución del desarrollo energético	529	3.1.2. Programas y subprogramas de fiscalización	576
9.1.3. Tendencias en el crecimiento de las energías renovables	532	3.2. Complejidad y alcances de la fiscalización	577
9.1.4. Eficiencia Energética	534	3.2.1. Unidades fiscalizables	577
9.2. Impactos ambientales en el desarrollo energético	534	3.2.2. Expedientes de fiscalización	578
9.2.1. Proyectos energéticos	534	3.2.3. Sanciones y Programas de Cumplimiento	578
9.2.2. Impactos ambientales de la generación de energía eléctrica	535	3.2.4. Resoluciones de Calificación Ambiental	578
9.2.3. Conflictos ambientales en torno a la energía	536	3.2.5. Planes de Prevención y/o Descontaminación ambiental	579
9.3. Políticas para la sustentabilidad ambiental de la energía	540	4. Justicia ambiental	579
9.3.1. Política Energética 2050: Energía compatible con el medio ambiente	540	4.1. Localización, conformación y operación	579
9.3.2. Políticas específicas prioritarias	540	4.1.1. Competencias de los tribunales ambientales	580
9.4. Desafíos de la pobreza energética y la eficiencia energética	542	4.2. Causas ingresadas a los tribunales ambientales, fallos y resoluciones	581
9.4.1. Pobreza energética	542	4.2.1. Causas ingresadas	581
9.4.2. Eficiencia energética	542	4.2.2. Sentencias de los Tribunales Ambientales y la justicia ordinaria	582
9.5. Desafíos frente al cambio climático	543	4.2.3. Judicialización de proyectos de inversión sometidos al SEIA	584
9.5.1. Transición energética en Chile	543	BIBLIOGRAFÍA	588
9.5.2. El aporte del transporte y la electromovilidad	544	ANEXOS	589
BIBLIOGRAFÍA	544		

AUTORÍAS

DIRECCIÓN

Director Nicolo Gligo V.

Universidad de Chile, Instituto de Asuntos Públicos (INAP), Centro de Análisis de Políticas Públicas (CAPP)

PRIMERA PARTE:

MACROPRESIONES SOBRE EL MEDIO AMBIENTE

Nicolo Gligo, Universidad de Chile-Instituto de Asuntos Públicos, CAPP

Asistente de Investigación: Bruna Fuentes, Universidad de Chile-Instituto de Asuntos Públicos, Centro de Análisis de Políticas Públicas

SEGUNDA PARTE

ESTADO DEL MEDIO AMBIENTE Y DEL PATRIMONIO NATURAL

Capítulo 1. AIRE

Manuel Merino y Gerardo Alvarado, Universidad de Chile-Instituto de Asuntos Públicos, Centro de Análisis de Políticas Públicas

Capítulo 2. AGUAS CONTINENTALES

César Morales y Reinaldo Ruiz, Universidad de Chile-Instituto de Asuntos Públicos, CAPP

Capítulo 3. BOSQUES NATIVOS

Antonio Lara^{1,2,3}, Rocío Urrutia-Jalabert^{2,4}, René Reyes⁴, Mauro González^{1,2}, Alejandro Miranda^{2,5}, Adison Altamirano⁵, Carlos Zamorano-Elgueta^{2,6} ¹. Laboratorio de Dendrocronología y Cambio Global, Instituto de Conservación, Biodiversidad y Territorio, Facultad de Ciencias Forestales y Recursos Naturales, Universidad Austral de Chile, Valdivia, Chile. ² Centro de Ciencia del Clima y la Resiliencia (CR)². Santiago. ³ Fundación Centro de los Bosques Nativos FORECOS, Valdivia ⁴ Instituto Forestal (INFOR), Fundo Teja Norte S/N, Valdivia. ⁵ Laboratorio de Ecología del Paisaje y Conservación, Facultad de Ciencias Agropecuarias y Forestales Universidad de La Frontera, Temuco ⁶. Departamento de Ciencias Naturales y Tecnología, Universidad de Aysén, Coihaique.

Capítulo 4. BIODIVERSIDAD

Fabián M. Jaksic y Daniella Mella, Centro de Ecología Aplicada y Sustentabilidad (CAPES), Facultad de Ciencias Biológicas, Pontificia Universidad Católica de Chile.

Capítulo 5. SUELOS

Marco Pfeiffer Jakob, Departamento de Ingeniería y Suelos, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile. **Jorge Pérez-Quezada**, Departamento de Ciencias Ambientales y Recursos Naturales Renovables, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile. **Mauricio González Canales**, Instituto de Nutrición y Tecnología de los Alimentos, Universidad de Chile.

Asistente de Investigación: María Regina Donoso Departamento de Ingeniería y Suelos, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile.

Capítulo 6. ECOSISTEMAS MARINOS Y DEL BORDE COSTERO

Ricardo Bravo, Humberto Díaz, Mario Herrera, y Erika López, Universidad de Valparaíso-Facultad de Ciencias del Mar y Recursos Naturales

Capítulo 7. MINERALES E HIDROCARBUROS

Gustavo Lagos, David Peters y José J. Jara, Centro de Minería, Pontificia Universidad Católica de Chile.

Capítulo 8. ASENTAMIENTOS HUMANOS

René Saa, Universidad de Chile- Instituto de Asuntos Públicos, Centro de Análisis de Políticas Públicas. Con la colaboración de **Gerardo Ubilla** y **Bárbara Johnson** (Cambio climático).

Asistentes de investigación: **Leandro Espíndola** (Pobreza), **Raúl Cuevas** (Pobreza) y **María Paz Vallejos** (Desechos sólidos domiciliarios) Universidad de Chile- Instituto de Asuntos Públicos, Centro de Análisis de Políticas Públicas.

Capítulo 9. ENERGÍA

Paz Araya, Red de Pobreza Energética y Centro de Energía, Universidad de Chile. **Carla Lanyon**, Centro de Energía, Universidad de Chile. **Sebastián Álvarez**, Universidad de Chile-Instituto de Asuntos Públicos, Centro de Análisis de Políticas Públicas.

TERCERA PARTE

POLÍTICAS E INSTRUMENTOS PARA LA GESTIÓN AMBIENTAL

Francisco Brzović, Universidad de Chile-Instituto de Asuntos Públicos, Centro de Análisis de Políticas Públicas.

Asistente de Investigación: **Bruna Fuentes**, Universidad de Chile-Instituto de Asuntos Públicos, Centro de Análisis de Políticas Públicas

Recuadros: **René Garreaud**, **Sara Larraín**, **Flavia Liberona**, **Yasna Rojas**, **Camila Álvarez**, **Sergio Galilea**, **Hernán Durán**.

Resúmenes: **José Leal**, Universidad de Chile-Instituto de Asuntos Públicos, Centro de Análisis de Políticas Públicas

Andrea Matte-Baker, (traducción) Universidad de Chile-Instituto de Asuntos Públicos, Centro de Análisis de Políticas Públicas

Revisión Especializada: **Daslav Ursić**, Universidad de Chile-Instituto de Asuntos Públicos, Centro de Análisis de Políticas Públicas

Diseño y Diagramación: **Pedro A. Klarián** Universidad de Chile-Instituto de Asuntos Públicos, Centro de Análisis de Políticas Públicas.

Secretaría y Administración: **Jimena Orellana** (Q.E.P.D), Universidad de Chile-Instituto de Asuntos Públicos, Centro de Análisis de Políticas Públicas

María Eugenia Vidal Universidad de Chile-Instituto de Asuntos Públicos, Centro de Análisis de Políticas Públicas

Servicios de Apoyo

Patricio Fuentealba Universidad de Chile-Instituto de Asuntos Públicos, Centro de Análisis de Políticas Públicas

PRESENTACIÓN

En Diciembre de 2019 Chile será la sede de la reunión mundial COP25 sobre cambio climático. Celebremos este hecho por sí mismo y porque representa una oportunidad excepcional para incrementar la conciencia existente sobre esta materia. Debemos enfatizar la necesidad de tomar medidas eficaces en el país para, por una parte, consolidar un programa de adaptación al cambio climático, y, por otra, mostrar el camino que se está asumiendo para su mitigación.

No podía entonces ser más oportuna la elaboración del “informe País: Estado del Medio Ambiente en Chile 2018”, séptimo estudio que realiza la Universidad de Chile desde 1999. Resulta especialmente pertinente que estos informes sean elaborados por el Centro de Análisis de Políticas Públicas del Instituto de Asuntos Públicos de esta Universidad pues el medio ambiente es una dimensión inter y transdisciplinaria cuyo abordaje exige integrar aportes de disciplinas afincadas en otras facultades. EL INAP como uno de los cuatro institutos dependientes de rectoría, por su naturaleza misma, debe hacerse cargo de este tipo de estudios integrado. Además, los horizontes de maduración de largo plazo de la dimensión ambiental requieren de políticas públicas para internalizar procesos que con frecuencia se tratan como externalidades.

Por otra parte, al darle un sentido integrado, inter y transdisciplinario, la Universidad de Chile ha tratado de evitar las distorsiones que se presentan frecuentemente en la enseñanza superior al restringir la formación ambiental solo a unidades ligadas a las ciencias naturales, cuyo aporte es fundamental, pero que se enriquece enormemente con los aportes de las ciencias sociales, antropológicas y políticas.

Este “Informe País: Estado del Medio Ambiente en Chile 2018” ha surgido de la acumulación de conocimiento de los informes anteriores y de un continuo perfeccionamiento metodológico. El primer informe, correspondiente a 1999, fue elaborado en función de un convenio entre la Universidad de Chile y la Comisión Nacional de Medio Ambiente (CONAMA). El segundo, de 2002, se acordó realizarlo con el Ministerio Secretaría General de la Presidencia como un componente del proyecto Gobierno de Chile-Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) denominado “Gobernabilidad para el desarrollo humano sustentable”. El tercero, de 2005, fue realizado con el apoyo financiero del Programa de la Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA)-Oficina Regional para América Latina y el Caribe ORPALC-Programa GEO; la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL); y la Comisión Nacional de Medio Ambiente de Chile (CONAMA). El cuarto informe, 2008, se realizó con el apoyo del gabinete del Ministerio de Medio Ambiente y la contribución financiera de la CONAMA, junto con las mismas organizaciones internacionales que contribuyeron en el de 2005, el PNUMA y la CEPAL. El quinto, 2012, se realizó con el apoyo de la fundación Heinrich Böll Stiftung-Cono Sur. El sexto, 2015, con esta misma fundación y con la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). El que aquí se presenta, de 2018, contó con la colaboración de esta última entidad y de la Universidad Tecnológica Metropolitana de Chile.

La perseverancia, a lo largo de veinte años, de nuestra Universidad en la elaboración de estos informes, y la alta valoración que ellos han recibido, nos han impulsado a continuar produciéndolos para que el país pueda seguir contando con una visión independiente e integrada que contribuya a una gestión ambiental más eficiente.

Me es muy grato expresar mis agradecimientos a las instituciones y personas que hicieron posible la elaboración del “Informe País: Estado del Medio Ambiente en Chile 2018”.

PROFESOR ENNIO VIVALDI

Rector

Universidad de Chile

PRÓLOGOS

Comisión Económica para América Latina y el Caribe (Naciones Unidas)

El “Informe País: Estado del Medio Ambiente en Chile 2018”, elaborado por la Universidad de Chile, a través del Centro de Análisis de Políticas Públicas del Instituto de Asuntos Públicos, es el séptimo de una serie que se inició en 1999, con periodicidad de tres años.

Chile reviste especial interés para la CEPAL, debido a que en las últimas décadas ha tenido un marcado dinamismo tanto en su crecimiento económico como en el mejoramiento social de sus poblaciones. Pero todos estos logros han pagado un significativo precio ambiental en función de la considerable presión sobre sus recursos naturales. Los avances legislativos, de gestión y de fiscalización, aunque importantes, no han sido suficientes para mejorar esta situación, tal como se expone en el presente informe.

En la actualidad, subsisten desafíos ambientales para progresar en el manejo de sus recursos y para mejorar la calidad de vida de la gente, en particular por los eventos de contaminación que están sufriendo. El país necesita serias correcciones en la institucionalidad ambiental pública, en especial del Sistema de Evaluación Ambiental.

La metodología de presión, estado y respuesta utilizada en este estudio no solo nos entrega una información cuantitativa, sino que nos muestra las causas del estado del medio ambiente y las respuestas que se han dado en el país. Por ello, este Informe País es una contribución importante al perfeccionamiento metodológico de este tipo de estudios en los países de la región de América Latina y el Caribe.

ALICIA BÁRCENA

Secretaria Ejecutiva

Comisión Económica para América Latina y El Caribe (Naciones Unidas)

Universidad Tecnológica Metropolitana

Desde el punto de vista institucional, para la Universidad Tecnológica Metropolitana, apoyar la publicación de la presente edición del “informe País: Estado de medio ambiente en Chile”, constituye una acción muy pertinente y trascendental.

Y es que en circunstancias en las que el mundo, a escala planetaria, enfrenta una crisis sin precedentes en materia medioambiental y considerando que los acuerdos multilaterales y las políticas públicas en esta área, no han surtido ni la adhesión ni el efecto esperados para disminuir el calentamiento global, consideramos que contribuir a informar, a generar consciencia o a impulsar acciones concretas en torno a este problema, está dentro de nuestro deber ético. Lo anterior, más aún si consideramos que uno de nuestros sellos institucionales identitarios, es la sustentabilidad.

De la misma manera, el hecho que esta publicación coincida con el año en el que nuestro país será sede de la XXV Conferencia sobre Cambio Climático de la ONU (COP 25), viene también a sumarse a lo que en este contexto, todas las instituciones públicas y privadas deben llevar a cabo. Un especial rol que asumimos además, en tanto Universidad del Estado.

Tenemos la confianza por tanto, que el contenido de esta publicación, será un aporte significativo, tal y como lo ha sido en sus ediciones anteriores, para la conversación pública que en materia de medio ambiente debemos llevar a cabo en el país, especialmente en consideración del futuro de las nuevas generaciones.

LUIS PINTO FAVERIO

Rector

Universidad Tecnológica Metropolitana

AGRADECIMIENTOS

AGRADECIMIENTOS INSTITUCIONALES:

A las siguientes instituciones que contribuyeron al financiamiento de una o más versiones del informe a lo largo de estos 20 años:

- **Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), Naciones Unidas**
- **Universidad Tecnológica Metropolitana (UTEM), Chile**
- **Fundación Heinrich Böll, Cono Sur.**
- **Comisión Nacional de Medio Ambiente (CONAMA), Chile.**
- **Ministerio Secretaría General de la Presidencia, Chile**
- **Programa de la Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD)**
- **Programa de la Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA)-Programa GEO**
- **Ministerio de Medio Ambiente, Chile**

AGRADECIMIENTOS PERSONALES

A los siguientes académicos y funcionarios, que a través de sus autorías contribuyeron a perfeccionar las metodologías utilizadas para posibilitar el análisis de la evolución del medio ambiente chileno.

Primera Parte: Osvaldo Sunkel, Sebastián Miller, Camilo Lagos, Nicolo Gligo

Segunda Parte:

- **Cap. Aire:** Pablo Ulricksen, Hugo Sandoval, Manuel Merino, Gerardo Alvarado y Eugenio Figueroa.
- **Cap. Aguas Continentales:** **Roberto Pizarro** (por su dirección de este capítulo en los Informes 1999, 2002, 2005, 2008 y 2012), Carlos Salazar, César Bravo, Jorge Caro, Pedro Bravo, Patricio Carrasco, Manuel Soto, César Farías, Cristián Guzmán, Jorge Vargas, Carolina Morales, Leonardo Román, José Vargas, Paola Godoy, Francisco Balocchi, Claudia Sangüesa, César Morales y Reinaldo Ruiz.
- **Cap. Bosques:** **Antonio Lara** (por su dirección de este capítulo en los 7 Informes), Marcos Cortés, Cristián Echeverría, René Reyes, Rocío Urrutia, Mauro González, Alejandro Miranda, Adison Altamirano, Carlos Zamorano.
- **Cap. Biodiversidad:** **Javier Simonetti** (por su dirección de este capítulo en los Informes 1999, 2002 y 2005), Jorge Mella, Pablo Villarroel, Claudia Sepúlveda, Alberto Tacón, Agustín Iriarte, Nicolo Gligo, Fabián M. Jaksic y Daniella Mella.
- **Cap. Suelos:** Fernando Santibáñez, René Saa, Alejandro García, José M. Uribe, Alejandro Royo, Andrés de la Fuente, Rodrigo Fuster, Pablo Roa, Paula Santibáñez, Carolina Fuentes, Marco Pfeiffer, Jorge Pérez, Mauricio González
- **Cap. Ecosistemas Marinos y del Bordo Costero:** Carlos Moreno, Aldo Fedele, René Saa, Ricardo Bravo, Humberto Díaz, Manuel Herrera, y Erika López.
- **Cap. Minerales e Hidrocarburos:** **Gustavo Lagos** (por su dirección en los 7 Informes), David Peter, Marcelo Andia, José I. Guzmán, Macarena Yazigi, José J. Jara.
- **Cap. Asentamiento Humanos:** **René Saa**, Hernán Durán, Federico Arenas, Rodrigo Hidalgo.
- **Cap. Energía:** Alfredo Muñoz, Daslav Ursic, Paz Araya, Carla Lanyon, Sebastián Álvarez.

Tercera Parte:

- **Francisco Brzović**, (por su dirección de esta Tercera Parte en los 7 Informes) y Fernando Dougnac.

A **José Leal** (elaboración de los resúmenes)

A **Marisabel Romaggi** (coordinación del informe 1999)

A **Daslav Ursić** (revisiones)

A **Pedro Klarián** (diagramaciones)

A **Ana María Tomassini**

A **Margarita Rojas, M. Cristina Troncoso, y María Eugenia Vidal**

A **Patricio Fuentealba**

AGRADECIMIENTO ESPECIAL

A **Jimena Orellana Torres (Q.E.P.D.)**, Secretaria y Asistente de los 7 informes. Por su entrega, dedicación y esfuerzo.

RECONOCIMIENTOS

Además de las colaboraciones significativas señaladas en las autorías del presente informe, contribuyeron a la elaboración de las 7 versiones del “Informe País: Estado del Medio Ambiente en Chile” destacados investigadores y/o facultades y/o unidades de esta universidad de las que se obtuvieron antecedentes y/o recibieron aportes intelectuales. Entre ellas: Facultad de Ciencias Agronómicas, Facultad de Ciencias, Departamento de Geografía de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Departamento de Salud Pública de la Facultad de Medicina, Centro de Derecho Ambiental de la Facultad de Leyes, Facultad de Ciencias Forestales y de la Conservación de la Naturaleza, Departamento de Ingeniería Industrial de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Facultad de Medicina Veterinaria y Ciencias Pecuarias, Facultad de Química y Farmacia, Facultad de Ciencias Sociales, y Centro Nacional del Medio Ambiente (CENMA). Además de los aportes señalados, contribuyeron importantes investigadores de: Universidad Austral de Chile, Pontificia Universidad Católica, Universidad de Talca, Universidad de Concepción, Universidad de Magallanes, Universidad de La Serena y Universidad de Valparaíso.

Hubo colaboraciones de numerosos organismos del Estado, entre los que se puede destacar: Dirección General de Aguas del Ministerio de Obras Públicas, Centro de Información de Recursos Naturales (CIREN), Comisión Nacional de Medio Ambiente (CONAMA) y Ministerio del Medio Ambiente, Instituto Nacional de Estadísticas (INE), Dirección General del Territorio Marítimo y de la Marina Mercante (DIRECTEMAR), de la Armada, Subsecretaría de Pesca del Ministerio de Economía, Oficina de Estudios y Planeación Agrícola (ODEPA) del Ministerio de Agricultura, Instituto de Fomento Pesquero (IFOP), Ministerio de Salud, Instituto Forestal (IFOP), Corporación Nacional Forestal (CONAF) del Ministerio de Agricultura, División de Conservación de Recursos Naturales del Servicio Agrícola y Ganadero (SAG) del Ministerio de Agricultura, Superintendencia de Servicios Sanitarios, Dirección de Obras Hidráulicas del Ministerio de Obras Públicas, Corporación Nacional del Cobre (CODELCO), y Servicio Nacional de Geología y Minas (SERNAGEOMIN).

También contribuyeron organismos no gubernamentales ambientales, como Instituto de Ecología Política (IEP), Programa Chile Sustentable, Greenpeace Pacífico Sur, Fundación Terram, Fiscalía del Medio Ambiente (FIMA), Comité de Defensa de la Fauna y de la Flora (CODEF), e Iniciativa de Defensa Ecológica Austral (IDDEA).

PREFACIO

La Universidad de Chile, a través del Centro de Análisis de Políticas Públicas del Instituto de Asuntos Públicos elaboró el “Informe País: Estado del Medio Ambiente 1999”. A este primer trabajo se sumaron los de 2002, 2005, 2008, 2012, 2015 y el 2018 que aquí se presenta. En todos estos informes se aplicó la metodología del “Panorama Global del Medio Ambiente” (Global Environmental Outlook, GEO) del Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente, elaborado para analizar la situación ambiental a niveles mundial, latinoamericano, nacional, local, y de temas específicos. Es importante destacar que la Universidad de Chile como institución, y a través de contribuciones de sus académicos, ha estado permanentemente colaborando con estas iniciativas.

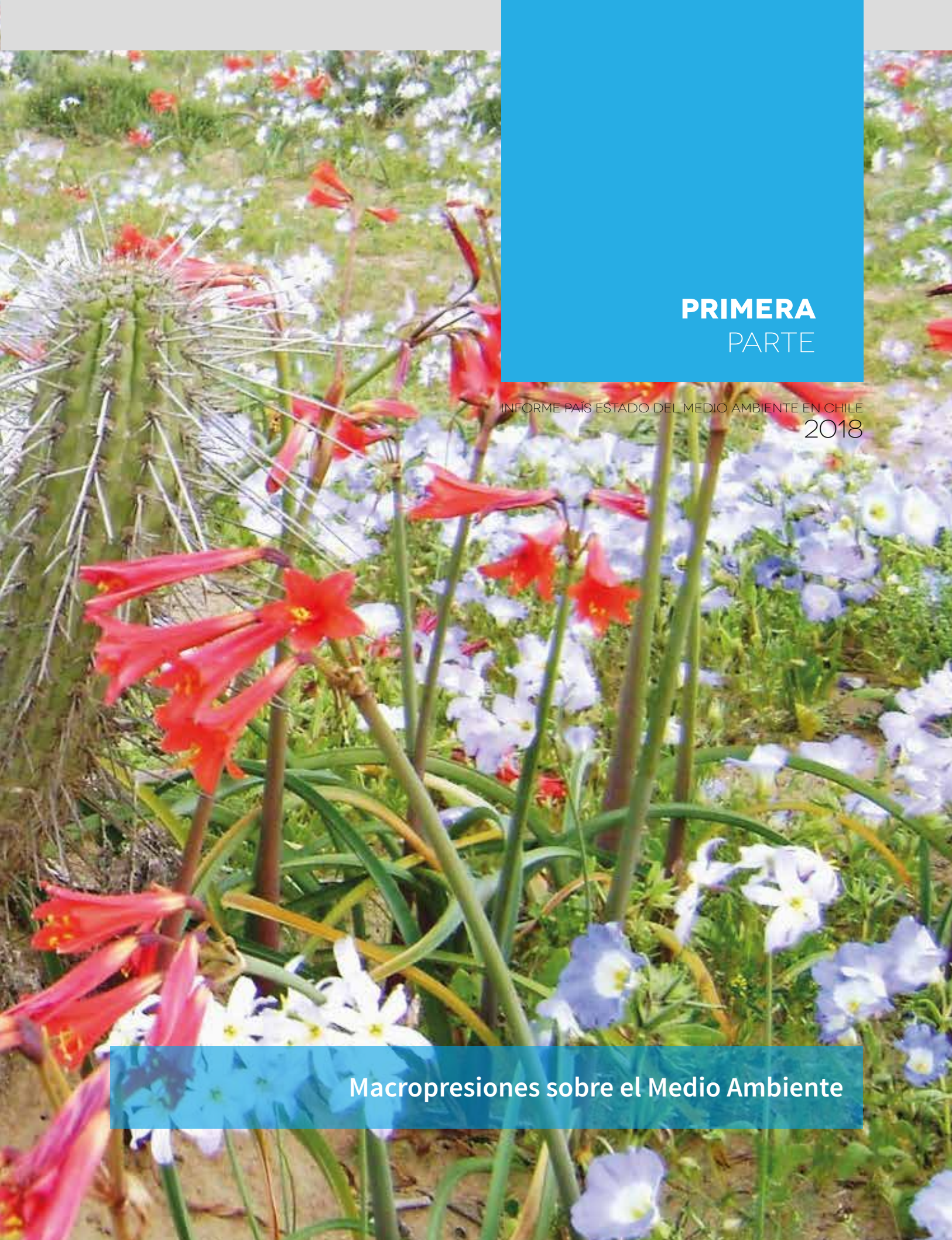
La metodología señalada se basa en el análisis de la problemática ambiental a través del enfoque presión-estado-respuesta, privilegiando siempre la relación sociedad-naturaleza, desde la perspectiva de los bienes de la naturaleza. En este contexto, los informes tienen el mérito de no sólo analizar los recursos naturales sino aquellos bienes de la naturaleza que no están en los circuitos económicos.

La experiencia ganada a través de estos 20 años, y la reconocida objetividad de sus enfoques, sirvió para que varios de estos informes sean reconocidos como GEO-Chile por parte del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA). Además, sus aportes y el de alguno de sus académicos sirvieron para la elaboración de los GEO-América Latina y GEO-Mundial, donde la Universidad de Chile aparece en sus publicaciones como organismo colaborador.

Los 7 informes han tenido la misma metodología, respetándose la estructura global y las correspondientes a cada capítulo. El Informe está dividido en tres partes, siendo la segunda parte la medular y la que abarca más del 90% del texto. La Primera Parte es una introducción donde se analizan las macropresiones globales sobre el país que condicionan la situación ambiental: el crecimiento económico, la población y el desarrollo social, y la macropresión física mundial, el cambio climático.

La Segunda Parte es la que, siguiendo la metodología GEO, expone el estado del medio ambiente, desagregado en los capítulos: Aire, Aguas Continentales, Bosques Nativos, Biodiversidad, Suelos, Ecosistemas Marinos y del Borde Costero, y Minerales e Hidrocarburos. En cada uno de estos capítulos, salvo el de Aire, se describe el estado del bien de la naturaleza, analizando las presiones específicas que explican su estado, y las respuestas de la sociedad y del aparato público para mejorar su gestión. Otros dos temas, que son importantes para el país, se exponen también en esta segunda parte: Asentamientos Humanos, y Energía.

La Tercera Parte trata de las políticas e instrumentos para la gestión ambiental donde se presenta el panorama de la gestión ambiental privilegiando, en el caso de este último Informe, el análisis del Sistema de Evaluación Ambiental.

A vibrant field of red and white flowers, likely Chilean bellflowers (Fuchsia chilensis), with a cactus in the background. The scene is set in a natural, open landscape with green foliage and sandy ground.

PRIMERA PARTE

INFORME PAÍS ESTADO DEL MEDIO AMBIENTE EN CHILE
2018

Macropresiones sobre el Medio Ambiente

1. EL CRECIMIENTO ECONÓMICO GLOBAL

El país ha mantenido una política económica basada en los fundamentos establecidos en los decenios de los setenta y de los ochenta, lapso en que transitó desde un modelo en que el Estado jugaba un rol predominante a uno que lo traspasó al mercado y la empresa privada. El avènement de la democracia no modificó esta tendencia, solamente la morigeró.

Esta política económica giró desde una economía que se orientaba al desarrollo de una industria nacional como eje del proceso de acumulación del capital, a un modelo de economía abierta, orientado hacia los mercados externos, teniendo a la exportación de productos primarios en el centro del régimen de acumulación. Con la dictación en 1974 del Decreto Ley 600 (Estatuto de la Inversión Extranjera), se inició un proceso de atracción de capitales extranjeros para el desarrollo de sectores específicos de la economía, tendiente a desarrollar las capacidades productivas orientadas a satisfacer el mercado externo. Los sectores que capitalizaron este proceso fueron los relacionados directamente con los recursos naturales: minero, pesquero, y silvoagropecuario.

Los resultados macroeconómicos fueron exitosos, pero se evidenció un aumento de la presión sobre el ambiente físico, provocando el deterioro del patrimonio natural, una alta dependencia de los mercados externos, un aumento de las desigualdades económicas y sociales, entre otros impactos. Al contrario, los resultados ambientales de este proceso han sido evidentemente dañinos. Por un lado, una mayor amenaza sobre los recursos naturales, convertidos éstos nuevamente en el motor de la inserción internacional de la economía, y por otro lado, una pérdida del rol de Estado como fiscalizador.

La economía chilena ha seguido orientada a los mercados externos, en particular a los mercados de los países desarrollados y de las nuevas potencias económicas (China e India). El comercio internacional se ha convertido en el motor de crecimiento. Ha contribuido a ello la revolución tecnológica que ha experimentado la humanidad en las recientes décadas, que ha permitido reducir los tiempos de transporte entre países y ha mejorado las comunicaciones a niveles nunca antes vistos.

Desde el comienzo del decenio de los noventa se lograron acuerdos de aranceles cercanos a cero con la mayoría de los países con los que existe un acuerdo comercial. Junto a ello, el Estado retomó su papel de cautelar el bien común y hacerse cargo de los principales problemas sociales y ambientales, una vez que se desfasó la estrategia de desarrollo seguida por Chile, que se caracterizaba por políticas diseñadas en el marco de un gobierno dictatorial.

Todo lo anterior se vio reflejado en el desempeño de la economía, cuyo PIB creció a una tasa promedio anual de 4,9% entre 1995 y 2003 (Banco Central, 2006). La actividad económica posterior al 2003, mostró tasas aún más altas, que se generaron en parte gracias a favorables condiciones externas, tales como el sostenido incremento en el precio de los “comodities”, principalmente del cobre; una rigurosa y exitosa política fiscal; y el crecimiento experimentado por importantes socios comerciales (China, India, países de América Latina, entre otros). Después de haber alcanzado tasas de crecimiento anual por sobre el 6% se generó confianza de que se mantendrían altas tasas de crecimiento y se proyectó un promedio del orden de 5,5 % para los cuatro años restantes de esa década (Eyzaguirre, 2005).

No obstante estas proyecciones, los altos niveles de apertura y el hecho mismo de ser la chilena una economía pequeña, ha contribuido a que sea vulnerable a las fluctuaciones económicas internacionales. lo que se tradujo en notables variaciones de la tasa de crecimiento: del 3,2% del se pasó a -1,7% el 2009. El país, principalmente por efectos del repunte del mercado internacional y de la reconstrucción del terremoto del 2010, volvió a crecer el 2010 en 6,1%, 6,0% el 2011 y 4,8% el 2012 (CEPAL, 2013). Pero nuevamente los frenos internacionales se dejaron sentir. De 2,3% que creció en 2015 en 2016 y 17 bajo aniveles inferiores al 2%. Ver Cuadro 1. No obstante en 2018, derivado del impacto de la elección presidencial, el PIB se recuperó al 4,8% .Sin embargo, la inestabilidad internacional hacía prever para el 2019-20 crecimientos inferiores al 3%.

Cuadro 1: Desempeño macroeconómico de Chile, 2015-2018: PIB

	2015	2016	2017	2018
PIB, tasa de crecimiento anual	2,30	1,67	1,48	4,02
PIB per cápita, tasa de crecimiento anual	1,10	0,33	-0,15	2,58

FUENTE: Indicadores de Desarrollo mundial del Banco Mundial.

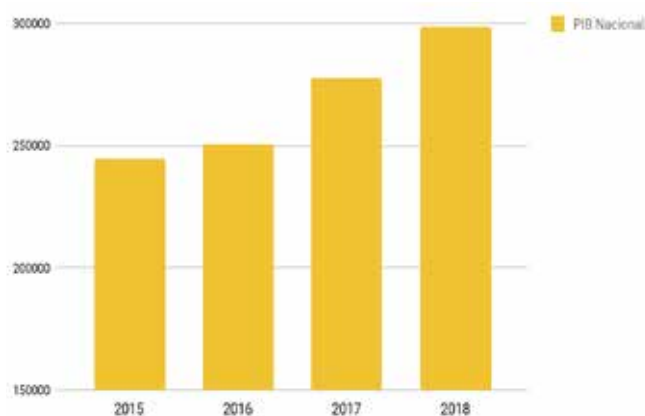
La expresión en términos absolutos en millones de dólares se aprecia en el Cuadro 2 y en la Figura 1

Cuadro 2: Evolución del PIB nacional 2015-2018

Año	PIB Nacional
2015	244.325,2
2016	250.579,1
2017	277.862,9
2018	2987.98,1

FUENTE: Base de Datos Estadísticos, Principales Estadísticas Macros, Banco Central de Chile 2018

Figura 1: Evolución del PIB total 2015-2018 (millones de U\$D)



Esta modalidad de desarrollo adoptada por el país privilegió, por sobre cualquier otra dimensión, el crecimiento económico. Ha faltado una estrategia más integral, que utilice la política de crecimiento en función de fines superiores de una estrategia de Estado: el mejoramiento de la calidad de vida de los chilenos, sobre la base de un desarrollo ambientalmente sustentable.

El crecimiento de Chile ha continuado basándose en la exportación de sus recursos naturales, renovables y no renovables, los que constituyen la “ventaja comparativa” con la cual Chile se ha insertado económicamente a nivel internacional. Esta modalidad se ha traducido finalmente en que las exportaciones bordeen el 40% del PIB. Por lo anterior, toda fluctuación externa, en especial la de los principales socios comerciales, ha tenido fuertes impactos en la economía nacional.

En el 2006 el precio del cobre, fundamental para la economía chilena, promediaba los US\$ 305 cents. /lb. (desde los US\$ 167 cents. /lb. promediados el año anterior) y el 2007 los US\$ 323 cents./lb. Este fuerte aumento experimentado a partir de la escasez de inventarios a nivel internacional, y principalmente por la fuerte demanda china por el mineral, significó un incremento notorio en los ingresos fiscales, alcanzando el 2006 un superávit fiscal de USD 11.200 millones, que equivale a un 7,9% del PIB. El 2007 el superávit alcanzó los US\$ 14.500 millones, lo que representó el 8,4% del PIB, para descender el año 2008 solo a un 5,2% del PIB.

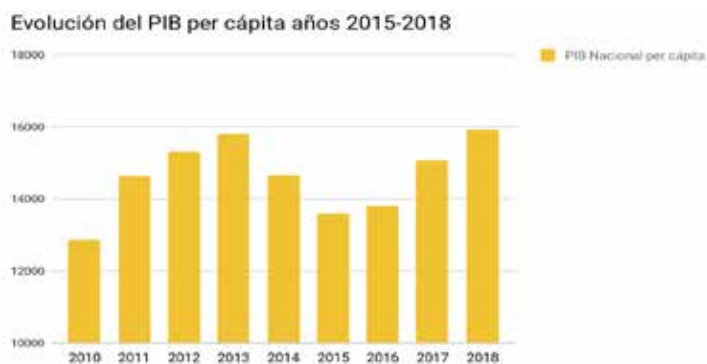
Este buen panorama económico se tradujo en indicadores socio-económicos positivos. El desempleo alcanzó un 7% en el 2007, cifras que no se lograba desde 1998. Cabe destacar que el “empleo exportador” creció durante el 2007 en 5,9%, superior al aumento del empleo total del país de un 2,8% en el mismo período¹. No obstante lo anterior, por las características estructurales del sector exportador chileno, la demanda de empleo directo es relativamente baja, representando el año 2007, alrededor del 7,5% y el 2009 un 9,7%. Desde ese año la tasa de desempleo cayó sostenidamente: 8,2% en 2010 para ubicarse en los años posteriores sobre el 6%. Pero, a partir del 2015, que fue de 6,2%, empezó a subir: 6,5 en 2016, 6,7 en 2017 y 6,9 en 2018. El PIB per cápita desde 2010 subió hasta el 2013 y volvió a recuperarse el 2018, tal como se aprecia en el Cuadro 3 y Figura 2.

Cuadro 3: PIB per cápita 2010-2018

Periodo	PIB Nacional per cápita (USD)
2010	12853
2011	14617
2012	15318
2013	15814
2014	14652
2015	13595
2016	13793
2017	15086
2018	15935

FUENTE: Base de Datos Estadísticos, Principales Estadísticas Macros, Banco Central de Chile 2018

Figura 2: Evolución del PIB per cápita (2015-2018)



Debido a la crisis económica mundial de 2009 (contracción del 1,4 en el PIB mundial) las exportaciones chilenas registraron una importante caída. Éstas mostraron una fuerte desaceleración en el 2008, con una tasa de crecimiento de la exportación de bienes de solo un 1,6% (Banco Central, 2009). Para el 2009, los impactos de la crisis fueron más fuertes, con una caída de 1,7% en términos reales para la exportación de bienes y servicios (Banco Central, 2009b).

La crisis europea de los dos últimos años, se tradujo en algunas restricciones en el mercado internacional. Hay que destacar que el impacto de esta crisis se aminoró por la creciente expansión de las exportaciones chilenas al oriente. China y Japón concentran el 40% de las exportaciones nacionales. Las exportaciones en 2016 disminuyeron a 59.916,4 recuperándose en 2017 y 2018, tal como se aprecia en el Cuadro 4.

1 DIRECON (2009). Empleo y Salarios en las Empresas Exportadoras Chilenas. Departamento de Estudios e Informaciones. Marzo 2009. Santiago.

Cuadro 4: Exportaciones totales (2015-2018)

Exportaciones en millones de US (FOB) de todos los sectores

2015	63362,2
2016	59916,4
2017	68306,1
2018	75481,9

FUENTE: Indicadores de Comercio Exterior, cuarto trimestre de cada año.

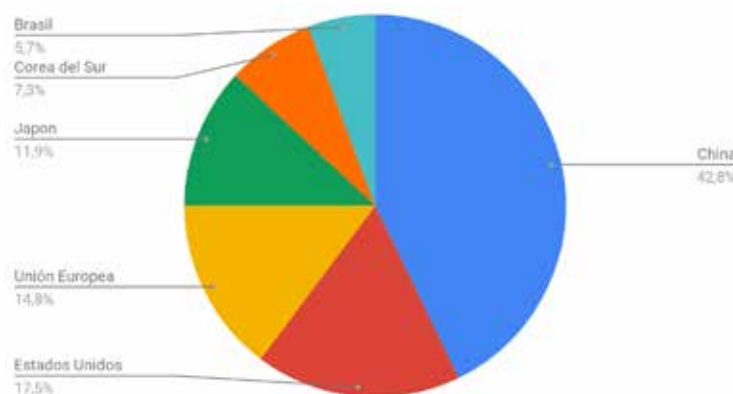
China ha sido el principal país importador de productos chilenos en 2017 y 2018. Su importancia relativa ha aumentado entre estos dos años. Le siguen Estados Unidos y la Unión Europea. Ver Cuadro 5 y Figura 3.

Cuadro 5: Principales países de destino de las exportaciones y montos exportados, 2017 y 2018.

Países	Exportaciones 2017 (En millones de dólares)	Exportaciones 2018 (En millones de dólares)
China	18752,4	25286,9
Estados Unidos	9832,7	10320,3
Unión Europea	8656,9	8719,3
Japón	6329,9	7045,4
Corea del Sur	4213,5	4342,3
Brasil	3412,9	3388,1

FUENTE: Indicadores de Comercio Exterior, cuarto trimestre 2018.

Figura 3: Exportaciones chilenas según principales destinos, 2018

**FUENTE:** DIRECON (2012).

2. LOS SECTORES PRODUCTIVOS

2.1 MINERÍA, CON ÉNFASIS EN EL COBRE

La minería, en especial la del cobre, sigue siendo un pilar fundamental del crecimiento económico del país. El cobre produjo marcados beneficios económicos, principalmente en el periodo denominado superciclo, ya que permitió el pago de toda la deuda externa chilena, el cumplimiento de las metas estructurales de crecimiento, la creación de los dos fondos soberanos, el de pensiones y el de estabilización económico social, y el crecimiento del presupuesto fiscal en 11,7% anual real, desde 22,3 mil millones de dólares (moneda 2018) en 2003 a 59 mil millones en 2013.

El aporte total de la minería del cobre (incluyendo Codelco, Enami, las mineras privadas GMP-10 y las no GMP-10) al presupuesto fiscal, de acuerdo a la Tesorería General de la República, fue de 105 billones de dólares moneda 2018 entre 2000 y 2018, constituyendo un 12,3% del total del gasto del Fisco. Codelco contribuyó con 58,7% del total de la minería. (Ver Segunda Parte Capítulo Minerales e Hidrocarburos)

El cobre sigue teniendo el gran peso relativo en la minería nacional. El PIB minero y su peso en la economía nacional subieron en 2017 y 2018. En términos del PIB real, el sector minero en su conjunto representa en torno al 10% del producto nacional, donde el cobre en particular, representa alrededor de un 80% del PIB minero. La tasa de crecimiento del PIB Minero muestra fluctuaciones en este periodo. Ver Cuadro 6.

Cuadro 6: PIB de la Minería Nacional y del Cobre 2015- 2018, referencia 2013 (En precios corrientes)

	2015 (A precios corrientes) en miles de millones de pesos	2016 (A precios corrientes) en miles de millones de pesos	2017 (A precios corrientes) en miles de millones de pesos	2018 (A precios corrientes) en miles de millones de pesos
PIB Minería	13.686	13.652	17.419	18.813
PIB Cobre	12.436	12.004	15.765	17.048
% PIB Cobre/ PIB Nacional	7,79	7,08	8,74	8,91
% PIB Minero/ PIB Nacional	8,57	8,05	9,66	9,83
PIB Nacional	159.553	169.470	180.211	191.249

FUENTE: Cuenta Nacional 2015-2018, Banco Central de Chile.

Desde el punto de vista ambiental, la explotación minera ha mejorado sus procesos, especialmente en la gran minería, dados los estándares ambientales exigidos internacionalmente. Sin embargo, el aumento de la extracción de este mineral, derivada de la expansión minera y de las bajas de ley, está afectando en forma sostenida los costos ambientales de su extracción y transporte. Por otra parte, aún hay serios problemas de pasivo ambiental producto de relaves abandonados y de minas cerradas que no han tenido ningún tipo de remediación de sitios. Además, la mediana y pequeña minería aún utiliza muchos sistemas de producción ambientalmente negativos.

Otro gran problema ambiental, que se produce principalmente en la zona norte del país, es la competencia por el agua. Se ha constatado en los últimos años serios problemas derivados de la extracción, algunas veces ilegal, de volúmenes de agua que reducen el nivel

de los acuíferos. En áreas del Altiplano se han visto afectados los bofedales que proporcionan forraje para las especies camélidas. No obstante hay que señalar que en los últimos años ha habido importantes inversiones para utilizar agua de mar desalinizada, pasando del 2% en 2009 al 23% en 2018. La minería del cobre consumió en promedio el 33,8% de la energía eléctrica generada en el país entre 2000 y 2018 mientras que entre 2001 y 2016 emitió el 15,8% de los gases efecto invernadero (GEI) Ver Segunda parte Capítulo Minerales y Hidrocarburos.

2.2 SECTOR SILVOAGROPECUARIO

El sector silvoagropecuario constituye uno de los sectores más relevantes de la economía nacional, sobre todo por el impacto social que tiene, destacándose el empleo regional que genera. En términos macroeconómicos nacionales, el sector silvoagropecuario representó en 2018 un 3,6% del PIB nacional.

Las exportaciones siguen siendo el motor más importante del sector, y dentro de este, la fruticultura es la más relevante, pues corresponde al 87% de las exportaciones agropecuarias. Ver Cuadro 7.

Cuadro 7: Exportaciones agropecuarias (millones de dólares)		
Años	Mill. dólares	% variación al año anterior
2015	63.362,2	
2016	59.916,9	-3,7
2017	68.306,1	12,7
2018	75.418,9	9,0
FUENTE: Anuario del banco Central, 2015 a 2018		

Cabe destacar que el sub sector agrícola, particularmente la fruticultura, también juega un importante papel en la inserción de la economía chilena en el exterior. Del total de exportaciones de este sector, cerca de un 87% corresponde a la fruticultura.

El sector silvoagropecuario sigue teniendo los mismos problemas ambientales. A la fragilidad de los ecosistemas del país, se unen la práctica agropecuaria con altos grados de insustentabilidad, condicionadas por una racionalidad productiva que se origina en los sistemas y formas predominantes de tenencia de la tierra.

Aunque ha habido esfuerzos con relación al manejo ambientalmente sustentable de las plantaciones forestales, especialmente en el incremento de la certificación, la situación forestal sigue siendo grave. Particular importancia han tenido hace algunos años los problemas de plantas de celulosa, en distintas zonas del país, por la evacuación de elementos contaminantes que han generado destrucción del medio ambiente. Por otra parte, la presión por expandir la actividad forestal aumentando las plantaciones, sigue traducéndose en un factor de eliminación del bosque nativo. Además de este factor, el bosque nativo se sigue eliminando y deteriorando por incendios, explotaciones insustentables, y floreo. (Ver Segunda Parte, capítulo 3 “Bosques Nativos”). El cambio climático junto a la persistente sequía ha causado con mayor frecuencia incendios y áreas consumidas. El deterioro de los ecosistemas forestales ha sido evidente.

El sector silvo agropecuario tiene una vital importancia para el medio ambiente nacional. La áreas de agrosistemas altamente intervenido, la fruticultura y la viticultura, demanda agua, la que últimamente ha escaseado debido a los persistentes períodos de sequía y en especial por la actual megasequía. Por otra parte, la concentración de los esfuerzos para mantener una agricultura de alta productividad y manifiestamente competitiva ha repercutido en el abandono de áreas de secano, menos productivas. La ganadería en estas áreas se ha convertido por lo general en una actividad que va progresivamente deteriorando el suelo.

2.3 SECTOR PESQUERO

El sector Pesquero de extracción representó como promedio en los últimos cuatro años 0,4 % del PIB total. Para este mismo período, el sector mostró gran dinamismo en 2010, con un crecimiento del PIB un 19% en relación a 2009. Posteriormente, este crecimiento disminuyó al 12% en 2011 y solo llegó al 2,5% en 2012. Desde el 2015 el PIB del sector se expandió un 46%, y un 31% en 2017. Ver Cuadro 8.

Cuadro 8: PIB Sector Pesquero (Millones de pesos)

	2015	2016	2017	2018
PIB Pesca	604.000	884.000	1.155.000	1.037.000
% anual de incremento		46	31	-9

FUENTE: Banco Central de Chile, 2018

Cuadro 9: Exportaciones Sector Pesca (Millones de dólares FOB)

AÑO	2015	2016	2017	2018
Exportaciones Sector Pesca	4.350,2	4.729,4	5.584,2	6.285,2
Variación %.		8,7	18,0	12,6

FUENTE: Banco Central de Chile, 2018

La necesidad de exportar ha seguido amenazando la permanencia de la biomasa de los distintos recursos del mar. Las exportaciones del sector pesquero han aumentado en forma significativa en los últimos años. En 2017 subieron en 18,0% con relación a 2016, y en 2018, un 12,6% con relación a 2017. Ver Cuadro 9.

La salmonicultura, en constante expansión, ha sido sindicada como responsable del deterioro de lagos, fiordos y canales. (Ver Segunda Parte, capítulo 6 “Ecosistemas Marinos y del Borde Costero”).

2.4 SECTOR INDUSTRIAL

El PIB industrial ha fluctuado en los últimos años en una cifra levemente superior al 10%. La expansión industrial sigue estando basada en la transformación de recursos naturales. Ha habido ciertas mejoras en torno a los nuevos proyectos industriales, por la aplicación del SEIA, pero su baja eficacia y los rezagos de proyectos antiguos han determinado que la industria consumidora de recursos naturales genere los tradicionales problemas ambientales.

La exportación basada en recursos naturales con bajo valor agregado, sigue siendo el motor de la industria nacional. En 2017 y 2018 se ha incrementado en 5,5% y 11,7% respecto a los años anteriores. Ver Cuadro 10.

Cuadro 10: Exportación de productos industriales (Millones de U\$S)

AÑO	2015	2016	2017	2018
Exportaciones Sector Pesca	23.680,8	23.288,0	24.571,0	27.448,0
Variación %.		-1,7%	5,5%	11,7%

FUENTE: Banco Central de Chile, 2018

2.5 SECTOR TURÍSTICO

La expansión que ha tenido en los últimos decenios esta actividad es un factor de alteración de los bienes de la naturaleza que necesita ser considerado en profundidad. Las áreas, parques nacionales, santuarios y monumentos que están bajo el Sistema Nacional de Áreas Protegidas del Estado (SNAPE) están sometidas a un continuo incremento de visitas que atentan la conservación de ellas mientras los escasos recursos asignados impiden un adecuado manejo. La evolución del número de visitas turísticas al SNAPE se expone en la Figura 4.

3. LA POBLACIÓN CHILENA Y EL FACTOR SOCIAL

La integración de diferentes fuerzas sociales, como la población, la distribución espacial, la equidad, y la gobernabilidad, permiten visualizar las principales amenazas y oportunidades de la sociedad chilena para un desarrollo ambiental, económico, social y gubernamental sustentable.

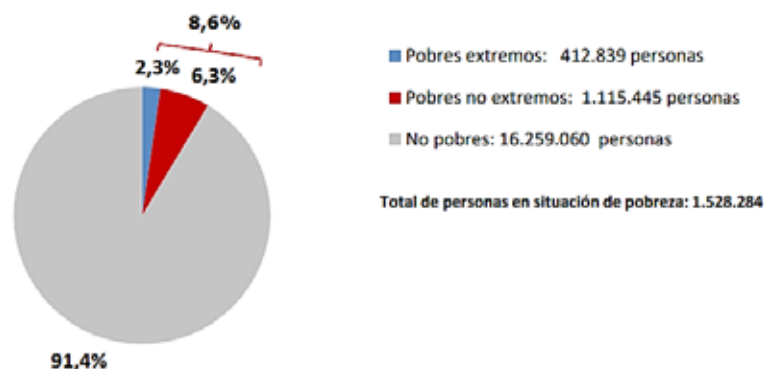
El primer elemento a considerar es la composición de la sociedad chilena. De acuerdo al último Censo de Población y Vivienda en el año 2017, la población alcanzaba a 17.574.003 (INE, 2019)

La Metropolitana, con 7.112.808 personas (40,5% del total) es la Región de mayor cantidad de población. Le siguen Biobío, con 2.037.414 personas (11,6%), y Valparaíso, con 1.815.902 personas (10,3%). Por el contrario, las regiones con menor número de población son Aysén, con 103.158 personas (0,6%); Magallanes, con 166.533 personas (0,9%), y Arica y Parinacota, con 226.068 personas (1,3%).

La alta concentración poblacional en las regiones Metropolitana, Biobío y Valparaíso crean un alta presión ambiental en los ecosistemas que y sobre todo en el peri halo urbano. El crecimiento económico, el aumento del consumo y el incremento poblacional deterioran el medio ambiente. La mayor población demanda por alimentos, por bienes de consumo, por expansión urbana, por segunda vivienda, lo que se traduce en más uso de productos de la naturaleza, más residuos domésticos, más viajes, más uso de parques, áreas protegidas, espacios de recreación. Estas demandas se pueden constatar en la problemática de los residuos domiciliarios, que teniendo una amplia cobertura en el país aún necesita perfeccionar sus métodos de recolección y sus tratamientos en forma ambientalmente adecuada.

Junto al factor poblacional, la pobreza aparece como uno de los principales desafíos para tener mayor sustentabilidad ambiental. Es por esto que la erradicación de la pobreza sigue siendo en Chile uno de los principales problemas a abordar en la agenda pública gubernamental. Existe una relación entre la trayectoria de la pobreza y la indigencia en los últimos 7 años, y a pesar de importantes logros la disminución de la pobreza y la indigencia no avanza proporcionalmente con la distribución del ingreso. El Índice de Gini se mantiene en 0,54, el mismo rango de los últimos 40 años, ocupando el 10º lugar entre las 100 economías de mayor desigualdad. Contradictoriamente, en relación al Índice de Desarrollo Humano (IDH) Chile se mantiene en el puesto número 40.

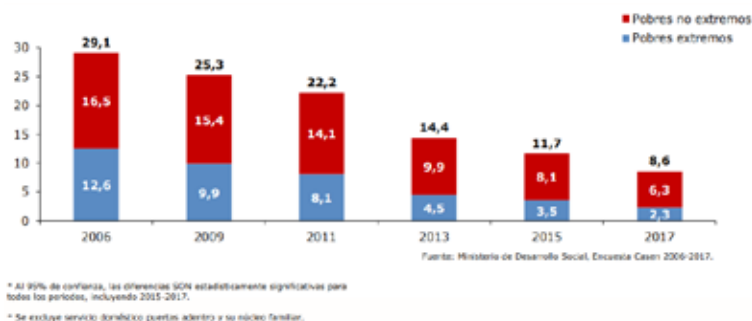
Figura 5: Distribución de personas según situación de pobreza por ingresos, 2017.



FUENTE: Ministerio de Desarrollo Social, Encuesta Casen 2017.

El porcentaje de personas en situación de pobreza y pobreza extrema (indigencia) por ingresos ha ido bajando sostenidamente. En 2006, un 29,1% de la población era pobre, cifra que se reduce a 8,6% en 11 años. En 2006 había un 12,6% de pobres extremos que baja a 2,3%, cifras que se aprecian en la Figura 6.

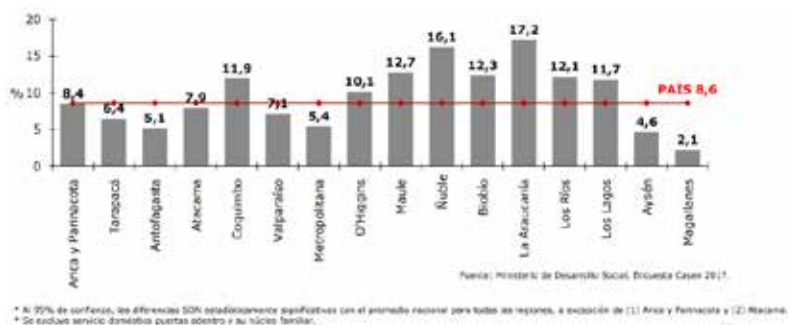
Figura 6: Personas en situación de pobreza y pobreza extrema por ingresos (2006-2017)



A lo largo del país se presentan desigualdades en la distribución de la pobreza y entre las zonas rurales y urbanas de cada región. Las Regiones que poseen el mayor porcentaje de pobreza son las del Ñuble y La Araucanía, (16,1 y 17,2% respectivamente) teniendo estas regiones un alto porcentaje de población rural, mientras que las Regiones con menos pobreza son las de Aysén y Magallanes (4,6 y 2,1%). Ver Figura 7.

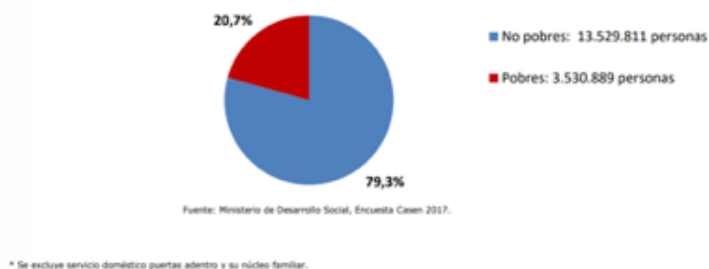
La Araucanía alberga sectores de producción de agricultura, pesca y silvicultura que ejercen gran demanda sobre los recursos, y además concentra a la mayor parte de población indígena del país y el segundo porcentaje en pobreza del total nacional.

Figura 7: Personas en situación de pobreza por Región, 2017



Las cifras cambian significativamente cuando se analiza la situación de la pobreza multidimensional. Los 8,6% de pobres por ingreso suben al 20,7%. Ver Figura 8.

Figura 8: Personas en situación de pobreza multidimensional, 2017



En 2009 había un 27,4% de pobreza multidimensional que baja sostenidamente hasta llegar al 18,1 como se puede apreciar en la Figura 9.

Figura 9: Personas en situación de pobreza multidimensional (2015-2017)



Desde el punto de vista ambiental resulta interesante analizar los distintos indicadores de pobreza multidimensional, ya que hay algunos que son marcadamente anti ambientales. Es el caso de la Habitabilidad con un peso para 2017 de 18,8%; de Servicios básicos, con 6,6%; y de entorno, con un 10,2%. Ver Cuadro 11.

Cuadro 11: Hogares carentes según indicadores de pobreza multidimensional (2015-2017)

Dimensión	Indicador	2015	2017
Educación	Asistencia	2,3	2,2
	Rezago	2,2	2,6
	Escolaridad	30,2	29,4
	Matrícula	4,9	4,5
Salud	Adscripción al Sistema de Salud	6,1	5,4
	Atención en Salud	5,1	4,6
	Ocupación	9,3	9,8
Trabajo y seguridad Social	Seguridad Social	32,3	30,7
	Jubilación	9,8	10,7
	Habitabilidad	19,0	18,8
Vivienda y entorno	Servicios Básicos	3,6	6,6
	Entorno	9,9	10,2
	Apoyo y participación social	5,3	6,1
Redes y Cohesión Social	Trato igualitario	14,9	13,7
	Seguridad	11,1	12,0

Fuente: Ministerio de Desarrollo Social, Encuesta Casen 2015-2017.

* Al 95% de confianza, la diferencia en la incidencia de los indicadores pobreza multidimensional NO es estadísticamente significativa entre los años 2015-2017 para (1).
 Asistencia, (2) Rezago, (3) Habitabilidad, (4) Entorno y (5) Seguridad.
 * Se excluye servicio doméstico, puertas adentro y su núcleo familiar.

Dentro de las políticas gubernamentales para la erradicación de la pobreza, el principal desafío sigue siendo la distribución del ingreso y el fortalecimiento de un capital social que permita la participación de la sociedad desde los quintiles más grandes a los menores. Uno de los caminos más valorados para este desarrollo social de la población es la inclusión de la comunidad y el empoderamiento de la misma en los Gobiernos Locales.

La pobreza urbana es sinónimo de un ambiente humano deteriorado. Los barrios marginales de las ciudades chilenas están siempre ubicados en los suelos de más baja habitabilidad y hay también, especialmente en Santiago, una correlación clara entre sectores pobres y condiciones de alta contaminación atmosférica. La segregación con barrios pobres lejanos de los centros urbanos y de las fuentes de trabajo también contribuye a sistemas de transporte con largos recorridos que aumentan la contaminación. La persistencia de la pobreza rural en muchas ocasiones obliga al sobre uso del suelo con los consiguientes procesos de agotamiento y erosión.

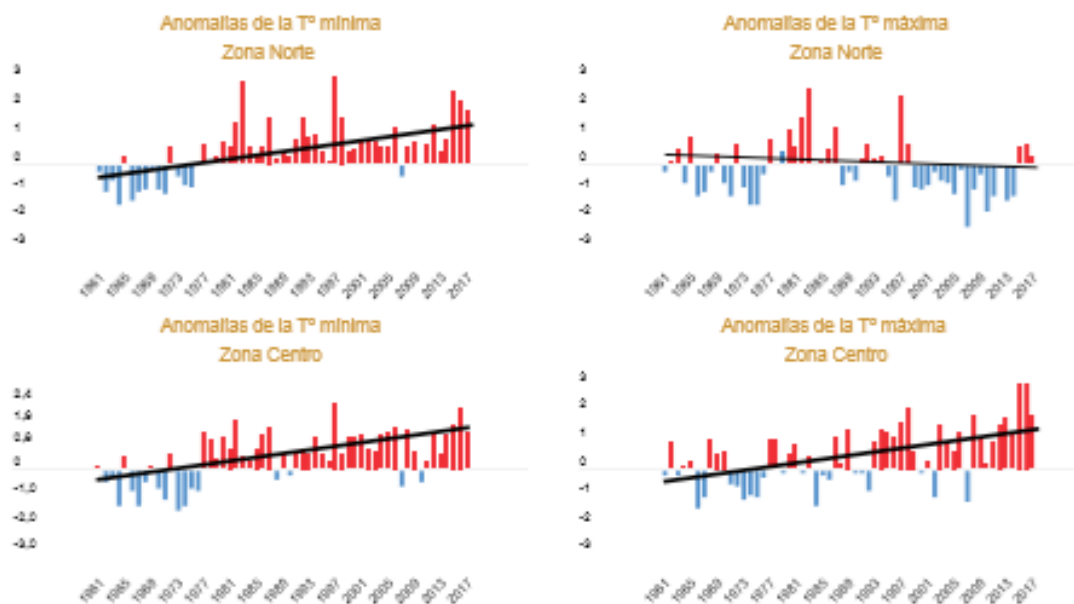
4. EL CAMBIO CLIMÁTICO

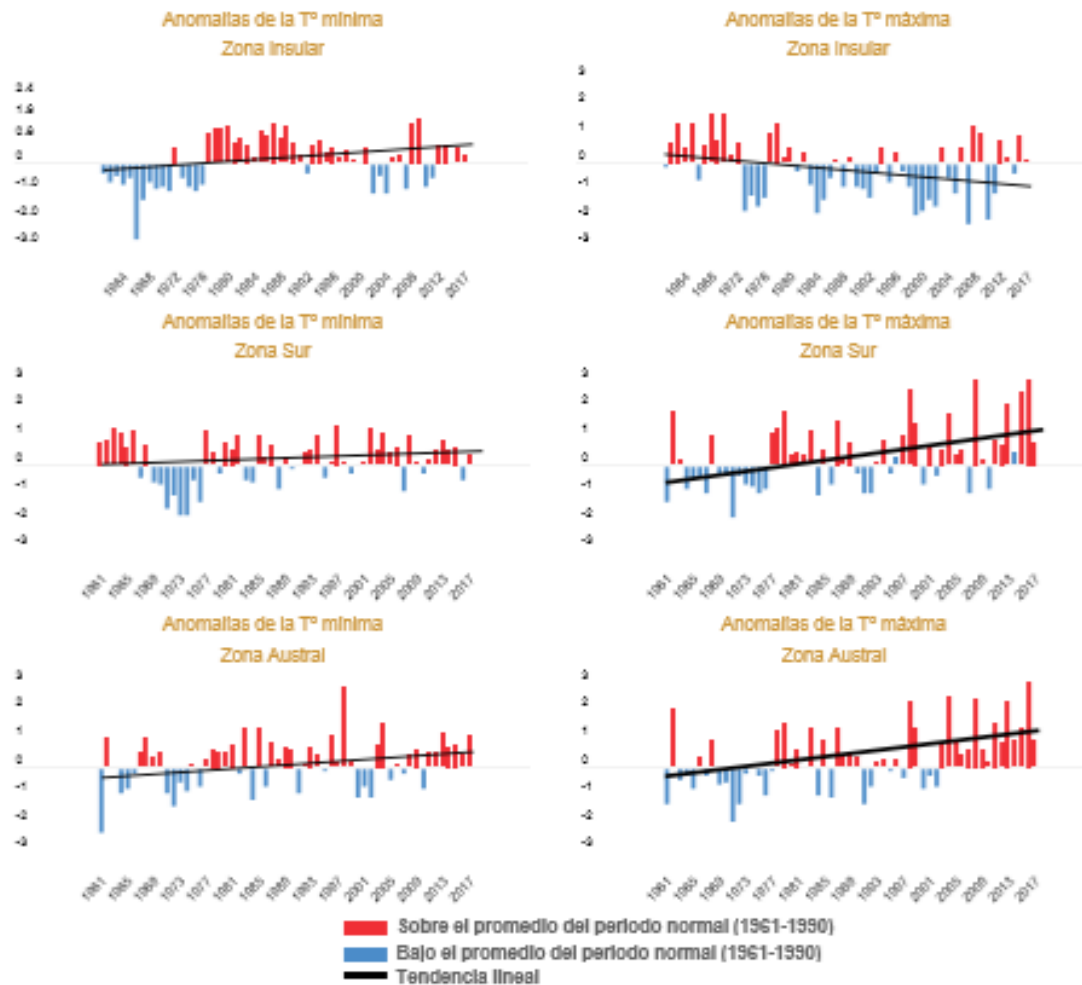
4.1 FENÓMENOS EN CHILE ATRIBUIBLES AL CAMBIO CLIMÁTICO

4.1.1 Anomalías de las temperaturas extremas.

El comportamiento de las temperaturas extremas muestra modificaciones significativas que pueden atribuirse al cambio climático. En el periodo 1961-2016, el calentamiento o enfriamiento de un año respecto a lo normal (promedio 1961-1990) difiere según zona del país, sin embargo el año 2017 en todas las zonas se registró un calentamiento tanto en la temperatura mínima como en la máxima. En la zona norte se presentan comportamientos opuestos en las temperaturas mínimas y máximas, una clara tendencia de calentamiento en las primeras y una no tan clara tendencia general de enfriamiento de las máximas, pero con calentamientos en los últimos tres años. La zona central muestra tendencias más definidas de calentamiento en ambas temperaturas extremas. La zona insular no presenta patrones muy claros, su temperatura mínima muestra una tendencia general al calentamiento y la máxima un comportamiento inverso, sin embargo, en ambos casos se observa un calentamiento en los últimos años. La zona sur muestra una leve tendencia al calentamiento en la mínima y en la máxima se observa una tendencia al calentamiento más marcada. En la zona austral se observa una situación similar a la zona sur, pero con un más nítido e ininterrumpido calentamiento de las máximas en los últimos quince años.

Figura 10: Anomalías estandarizadas de temperaturas extremas (mínimas y máximas)



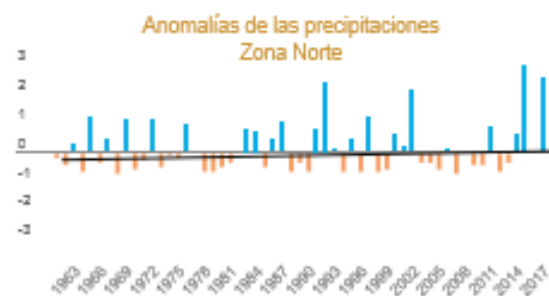


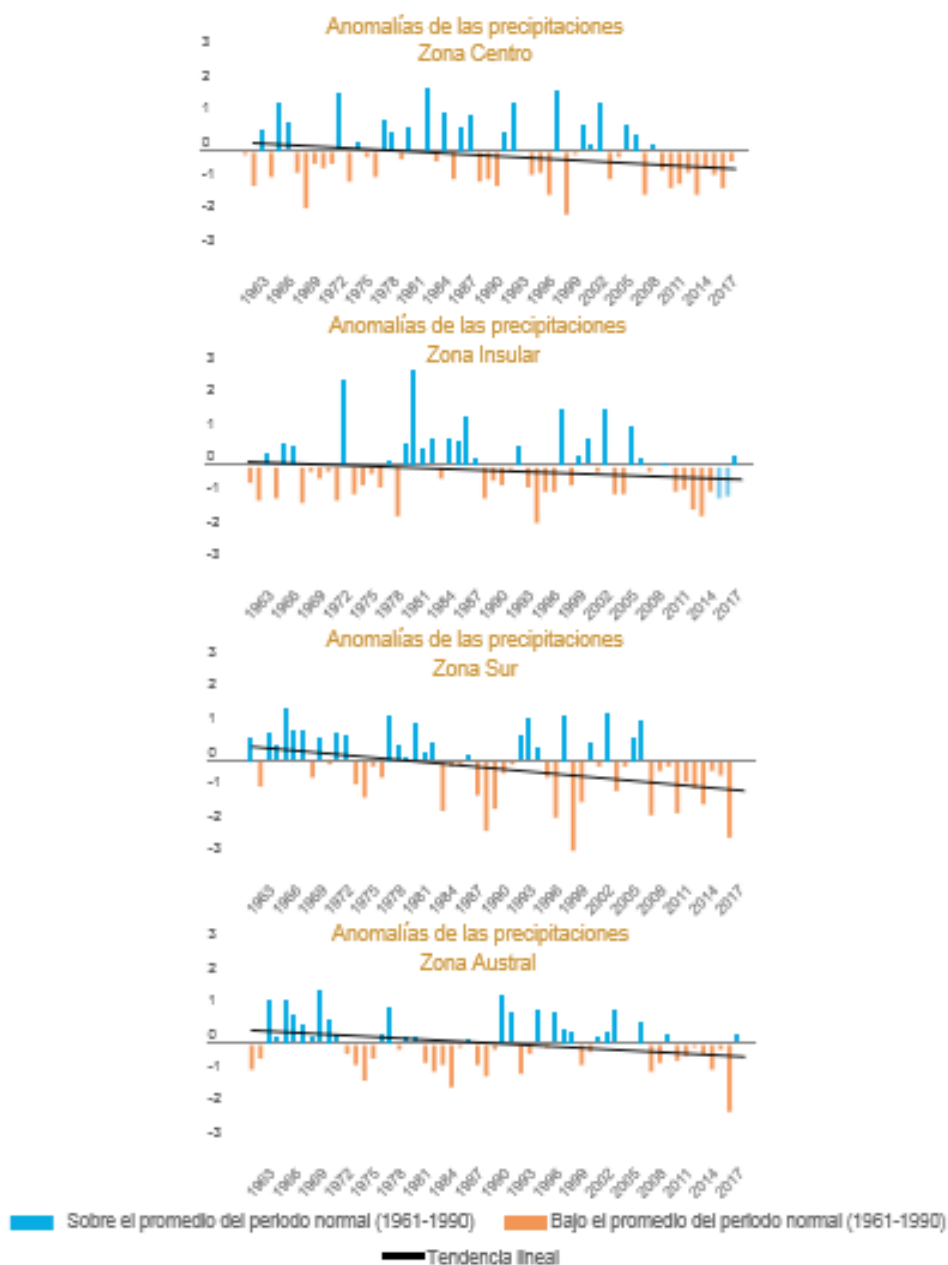
Nota: Las anomalías se calculan tomando como referencia el período 1961-90, considerado normal, expresado en unidades estandarizadas, para hacerlas comparables las distintas regiones. Para ello se dividen por la desviación estándar del mismo período. Las zonas son, Norte: Arica, Iquique, Antofagasta y La Serena; Centro: Valparaíso, Santiago, Curicó, Chillán y Concepción; Indular: Archipiélago Juan Fernández; Sur: Temuco, Osorno, Valdivia y Puerto Montt; Austral: Coyhaique, Balmaceda y Punta Arenas.

4.1.2 Anomalías en las precipitaciones

En el caso de las precipitaciones las anomalías son más claras en el país. Si se observa la Figura 11 se aprecia que las anomalías señalan una clara tendencia a la disminución en todo el país, salvo en el extremo norte.

Figura 11: Anomalías de las precipitaciones





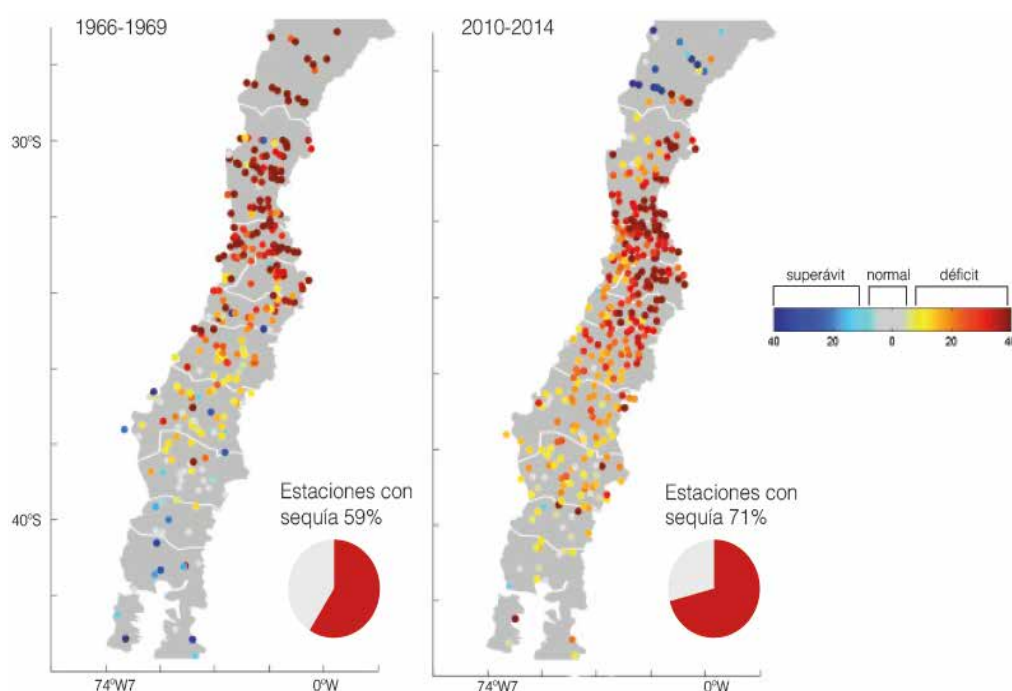
FUENTE: Ministerio de Medio Ambiente (2018) Cuarto Reporte Estado del Medio Ambiente.

4.1.3 Cambios en los regímenes de precipitaciones. Megasequía

Las anomalías climáticas mostradas evidencian cambios no presentes en la primera mitad del siglo pasado. No obstante, la escasez de lluvia es muy variable lo que dificulta atribuirla al cambio climático, máxime teniendo otras causas como el fenómeno de El Niño. Sin embargo, los últimos 50 años están fuera del rango normal (CR)2. Ha habido sequías relevantes (primer y sexto decenio del siglo XX) en el Norte Chico y en la zona central, pero la actual, que lleva 10 años, supera en extensión las anteriores.

Hay consenso que la región de Coquimbo está inmersa en una tendencia década / multidécada que tiende a una disminución mayor que las fluctuaciones año a año. (Centro de Estudios Avanzados de Zonas Áridas). La comparación de déficit superior a 30% entre los periodos 1966-69 y 2010-14 evidencian la tendencia a agravarse. Ver Figura 12.

Figura 12: Comparación de estaciones con déficit promedio superior al 30% entre las regiones de Coquimbo y Los Ríos.



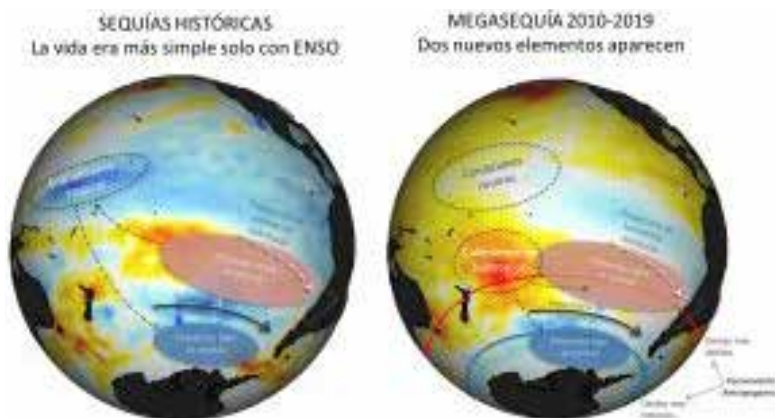
FUENTE: Informe a la Nación: La megasequía 2010-2015: Una lección para el futuro (2015) del Centro de Ciencia del Clima y la Resiliencia (CR)2.

La falta de precipitaciones, al igual que los años anteriores, es una consecuencia directa del escaso número de sistemas frontales cruzando la zona central del país, lo que a su vez se debe a una anormal presencia de altas presiones en sectores subtropicales del Pacífico sur oriental (frente a las costas de Chile) y de bajas presiones sobre la periferia Antártica (Fig. 14). La combinación de estas altas y bajas presiones -una estructura dipolar- ha estado actuando durante los últimos años, ocasionando la megasequía,

Según Garreaud et al., este dipolo de anomalías de presión ocurría durante los años de La Niña, lo que tenía como consecuencias bajas precipitaciones en el país; mientras que una fase opuesta (con mayores precipitaciones), ocurría durante los años de El Niño, siendo ambos fenómenos parte de El Niño Oscilación Sur (ENSO, por sus siglas en inglés), un proceso cíclico natural que ha tenido una presencia muy discreta en los últimos años. Esta estructura dipolar que se ha mantenido durante la última década causando la megasequía es la respuesta a un marcado calentamiento en el Pacífico subtropical sur occidental (cerca de Nueva Zelanda), el que produce un patrón favorable a la presencia de estas altas y bajas presiones y la consiguiente sequía en Chile. Cabe señalar que el origen de este calentamiento no está completamente claro, pero está parcialmente asociado a la Oscilación Decadal del Pacífico. Dado su origen, aparentemente natural, es posible que esta alteración se revierta en la próxima década, lo que aliviaría parcialmente las condiciones de sequía en el centro-sur de Chile. (Garreaud et al)

Otro factor menor que se mantendrá en el siglo XXI favoreciendo la megasequía es la acción de las perturbaciones humanas que han disminuido el ozono estratosférico y aumentado enormemente los gases de efecto invernadero. Esto ayuda a debilitar los vientos del oeste («oestes») en los subtrópicos y los intensifica en latitudes más altas, disminuyendo la frecuencia de sistemas frontales en el centro-sur de Chile (Boisier et al) Ver Figura 13.

Figura 13: Anomalías de temperatura superficial del mar y circulación atmosférica durante sequías en Chile central

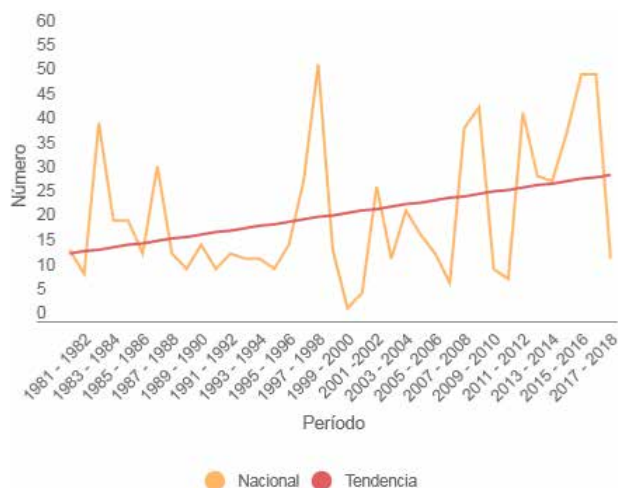


Los colores celeste y azul indican TSM por debajo del promedio y los colores amarillos y rojos indican TSM por encima del promedio. El globo de la izquierda muestra el escenario de sequías históricas en Chile central, cuando el fenómeno de La Niña causaba el dipolo de altas y bajas presiones, reduciendo las tormentas que llegaban a nuestra región. En el globo de la derecha, se muestra el escenario de la megasequía 2010-2019, donde el calentamiento subtropical del Pacífico sur occidental mantiene el dipolo de presión sobre el Pacífico sur-oriental. También se muestra el impacto en los vientos del oeste ("oestes") causados por la acción humana (forzamiento antropogénico).

4.1.4 Olas de calor a nivel nacional por temporada

Aunque existen diferencias según zonas del país, a nivel agregado nacional se observa una tendencia al alza en el número de olas de calor en el periodo, siendo las temporadas de mayor número de eventos 1997-1998 (53), 2015-2016 (51) y 2016-2017 (51). En la temporada 2017-2018 se registraron 13 olas de calor. Ver Figura 14.

Figura 14: Olas de calor por temporada en periodos bianuales, 1981-2018



FUENTE: Ministerio de Medio Ambiente (2018) Cuarto Reporte Estado del Medio Ambiente.

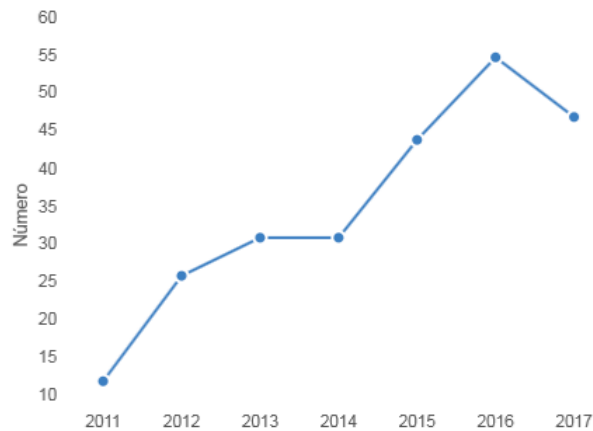
Nota: La Ola de Calor se calcula sobre la base de los monitoreos realizados en 16 ciudades. Según la Dirección Meteorológica de Chile, es cuando la temperatura máxima es igual o mayor al percentil 90 por 3 días consecutivos en el período comprendido entre noviembre y marzo. El percentil 90 se calcula tomando las series de temperaturas máximas diarias en el período 1981-2010 de cada ciudad estableciéndose un umbral crítico de temperatura mensual obtenido de la media móvil de 15 días.

4.1.5 Cambios en el mar y en el borde costero

4.1.5.1 Incremento de la temperatura del mar

A partir de 2010 la temperatura del mar promedio ha comenzado paulatinamente a subir, revertiendo la tendencia iniciada en el decenio de los ochenta que había sido del orden de 0,1 a 0,2 °C. Ver Figura 15

Figura 15: Temperatura superficial del mar en Arica, Antofagasta, Caldera y Valparaíso

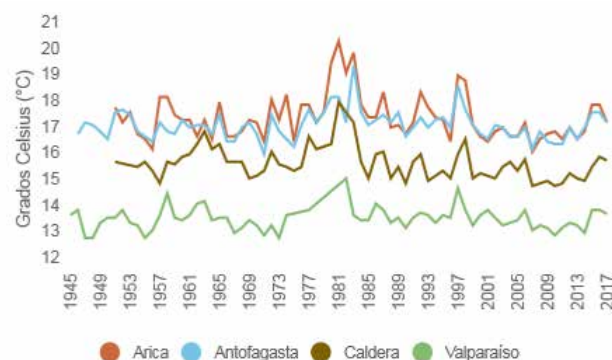


FUENTE: Ministerio de Medio Ambiente (2018) Cuarto Reporte Estado del Medio Ambiente.

4.1.5.2 Incremento de las marejadas y angostamiento de las playas.

El número de marejadas a nivel nacional, en el periodo 2011-2017, se ha incrementado de forma importante, alcanzando 48 alertas el año 2017, casi 3,5 veces más que el año 2011. (Figura 17) Estos eventos afectan especialmente a los asentamientos costeros, la pesca y acuicultura, y la infraestructura crítica como puertos o centrales de generación energética. Ver Figura 16

Figura 16: N° de alertas marejadas en el país, 2011-2017



FUENTE: Ministerio de Medio Ambiente (2018) Cuarto Reporte Estado del Medio Ambiente.

Un signo notorio del efecto de la intensificación de las marejadas es el agotamiento de las playas del país. En una investigación realizada para el Ministerio del Medio Ambiente sobre 35 playas solo 4 estaban estables, 3 habían crecido. Las otras 25 presentaban erosión (entre 0 y 1,50 m.), y 3, erosión alta (sobre 1,50 m.). La mayor erosión la presentó Hornitos (2,60 m.), seguida de Algarrobo (2,54 m.) y de Santo Domingo (1,73 m.). Ver Cuadro 12.

Cuadro 12: Angostamiento de playas chilenas

Playa	Período (años)	N° años	m/ año	Categoría
Horritos	2003-2016	13	-2,60	Erosión alta
La Serena	1978-2017	39	-0,30	Erosión
La Herradura	1993-2017	24	-0,45	Erosión
Guañeros	1993-2018	25	-0,30	Erosión
Los Molles	1994-2017	23	-0,24	Erosión
Pichicuy	1994-2017	23	-0,67	Erosión
Maitencillo	1980-2018	37	-0,57	Erosión
Quinteros	1994-2018	34	-0,40	Erosión
Bahía de Concón	1980-2018	38	-0,75	Erosión
Cochoa	1980-2018	38	+0,04	Estado estable
El Encanto	1994-2018	24	+0,21	Acreción
Reñaca	1980-2016	36	-0,31	Erosión
Las Cañitas	1994-2018	24	+0,07	Estado estable
Las Salinas	1986-2018	32	-0,35	Erosión
Los Marineros	1980-2016	36	-0,05	Estado estable
Miramar	1994-2018	24	-0,47	Erosión
Caleta Abarca	1994-2018	24	-0,36	Erosión
Caleta Portales	1980-2016	36	-0,09	Estado estable
Las Torpederas	1994-2018	24	-0,89	Erosión
Tunquén	1980-2017	37	-0,56	Erosión
Algarrobo	1980-2017	37	-2,54	Erosión alta
El Quisco	1994-2017	23	-0,36	Erosión
Bahía de Cartagena	1980-2018	38	-0,61	Erosión
Las Cruces	1980-2017	37	-0,65	Erosión
Santo Domingo	1992-2017	26	-1,73	Erosión alta
Anakena Rapa Nui	1996-2017	21	-0,71	Erosión
Pichilemu	1994-2018	24	-1,30	Erosión
Escuadrón	1992-2016	25	-0,32	Erosión
Bahía San Vicente	1992-2017	26	-0,22	Erosión
Bahía de Coronel	1992-2017	35	-0,49	Erosión
Arauco-Larraquete	1993-2017	25	-1,11	Erosión
Tubul	1983-2017	34	+0,51	Acreción
Llico	1992-2017	25	+0,85	Acreción
Bahía de Lebu	1984-2017	33	-1,22	Erosión
Lebu-Tirúa	2013-2016	3	-1,39	Erosión

4.1.5.3 Acidificación del mar

En los últimos años se ha evidenciado aumento en la acidificación de los océanos, normalmente es atribuida a “El Niño”, pero la tesis más sostenida es que este fenómeno adquiere mucha virulencia potenciado por el cambio climático.

A medida que aumenta la acidificación de los océanos, las especies que deben invertir más energía para formar el esqueleto de calcita que las protege (moluscos, corales, estrellas de mar, erizos, etc.) están particularmente afectados por este cambio que reduce su ritmo de crecimiento y fecundidad. .Esto fue lo que sucedió en los meses de verano de este año con la aparición de la microalga *Chattonella* sp. en los mares interiores de Chiloé, que provocaron la muerte a más de 24 millones de salmones de criaderos, el 15 % de la biomasa de toda la industria salmonera del país.

4.1.6 Cambios en los glaciares

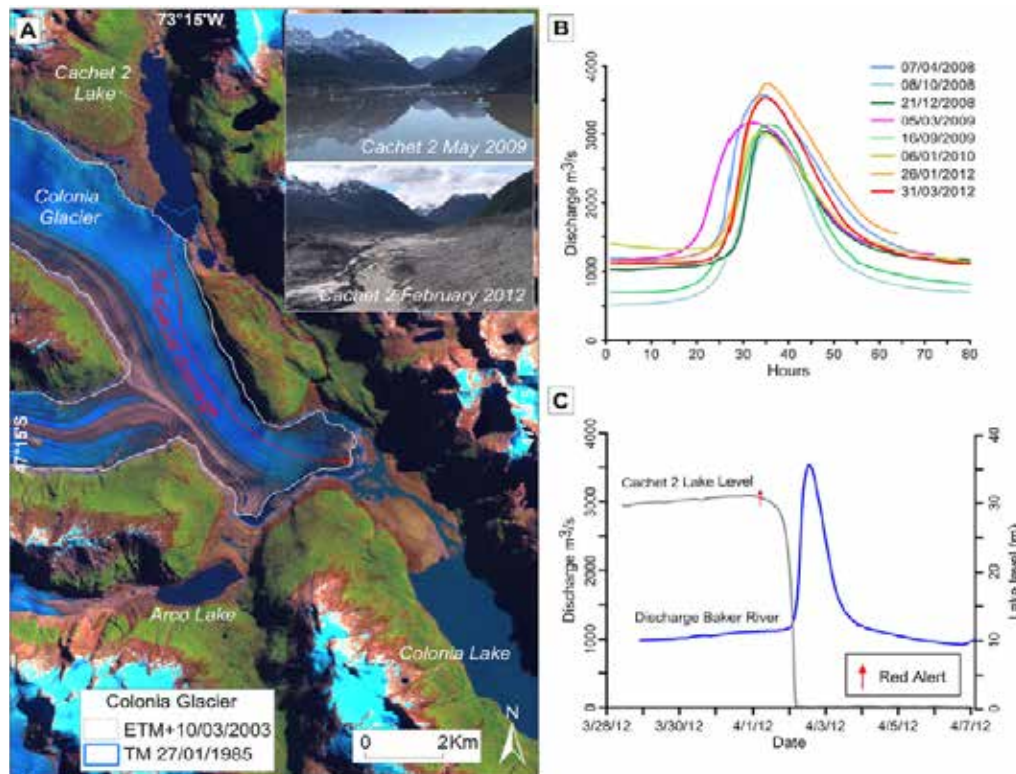
Según varias fuentes, el 95% de los glaciares del país están en retroceso. El retroceso ha existido siempre a partir del comienzo del periodo de desglaciación, sin embargo los estudios de los últimos decenios evidencian serias aceleraciones de este fenómeno, atribuíbles con muy alta probabilidad al cambio climático, aunque no siempre los glaciares se comportan de la misma forma.

Ejemplos estudiados: El Cordón Navarro está ubicada en el extremo noroccidental del campo de hielo Cordillera Darwin, tiene una extensión de 16 km con una orientación noreste a – suroeste y alturas de 1700 msnm, limitando al Norte con el fiordo De Agostini. En un tramo de 14 km se encuentran 8 glaciares, los que a pesar de estar dentro de la Cordillera Darwin están desconectados del campo de hielo, y describir las variaciones de superficie del hielo en los últimos 20 años es el objetivo central de este estudio. Los resultados preliminares muestran comportamientos diferenciados a pesar de ser cuencas glaciares adyacentes, manifestándose principalmente en el avance del frente de cuatro glaciares en comparación con el retroceso de tres glaciares. (Ver detalles en Segunda Parte Aguas Continentales)

Otro estudio realizado en el glaciar San Quintín (790 Km²), indica que está retrocediendo drásticamente, pues entre 1870 y 2011, este glaciar perdió 14,6% de su superficie. El glaciar San Rafael (741 Km²), se redujo un 11,5%. Otra investigación ha analizado el retroceso de los glaciares Tyndall, Grey y Dickson, de los Campos de Hielo Sur, en el periodo 1998-2017, que alcanza los 13,68, 10,87 y 3,94 km² de área y 6,80, 2,67 y 0,58 km³ de volumen, respectivamente. (Sáenz, N.) Por otra parte, el glaciar Jorge Montt, que llega hasta el océano, disminuyó en unos 2,5 gigatonnes al año y retrocedió 2,5 kilómetros y el Upsala, que desagua en un lago perdió 2,68 gigatonnes de hielo al año. Sin embargo no todos retroceden; en los Campos de Hielo Sur el glaciar Pío XI -el más grande de Sudamérica- incrementó su volumen en 0,67 gigatonnes al año.

El comportamiento inusual de los ventisqueros conlleva modificaciones en los cursos y espejos de aguas, siendo la más significativa de éstas el vaciamiento de lagunas glaciares como ha sucedido en el valle Huemules. Allí los pobladores sufrieron los efectos del fenómeno denominado Glof (Glacier Lake Outburst Flood). El complejo que queda más abajo del glaciar Colonia, el lago Cachet II se ha vaciado 25 veces en los últimos 10 años. Este fenómeno se expone en la Figura 17.

Figura 17: Vaciamiento Laguna Cachel



4.1.7 Cambios en la distribución de la biocenosis

Algunos cambios en la vegetación han empezado a aparecer y lo más probable es que se deban al cambio climático. Por ejemplo, la Suaeda foliosa o “kauchi”, como se conoce en Bolivia, es una planta típica de zonas áridas, donde la lluvia es rara. Sin embargo, en 2014, la encontraron tras un catastro en el humedal El Yali, Región de Valparaíso. La planta se distribuye por cinco hectáreas en una zona típica mediterránea. Es muy extraño que esté desplazada 300 kilómetros. Lo más al sur que se encontraba era Coquimbo y no se sabe cómo llegó a El Yali, pero hoy están las condiciones para que sobreviva. Es muy probable que haya ocurrido porque en los últimos 50 años las precipitaciones en Santo Domingo han bajado 12% y la temperatura ha subido 0,5 °C. Hay otros estudios aun no publicados que están demostrando cambios importantes en las estructuras florísticas, en especial de las regiones del norte, y en áreas precordilleranas.

En la fauna también se han comprobado cambios. Por ejemplo, el alza de las temperaturas ha permitido que la loica pecho colorado y los queltehes lleguen a Puerto Williams (Universidad de Magallanes, Ricardo Rozzi)

4.2 PRONÓSTICOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO BASADOS EN MODELOS

4.2.1 Panorama general

Hasta 2018 instituciones nacionales universitarias de excelencia habían elaborado modelos para proyectar el efecto del cambio climático en el país. Los estudios llevan a concluir, con altas probabilidades de certeza, de que el cambio climático afectará seriamente el territorio nacional, tal como se expone en el Recuadro 1.1 basado en los modelamientos del Centro de Ciencias del Cambio y la Resiliencia (CR)², encabezado por la Universidad de Chile.

Recuadro 1.1 Proyecciones de los efectos del cambio climático

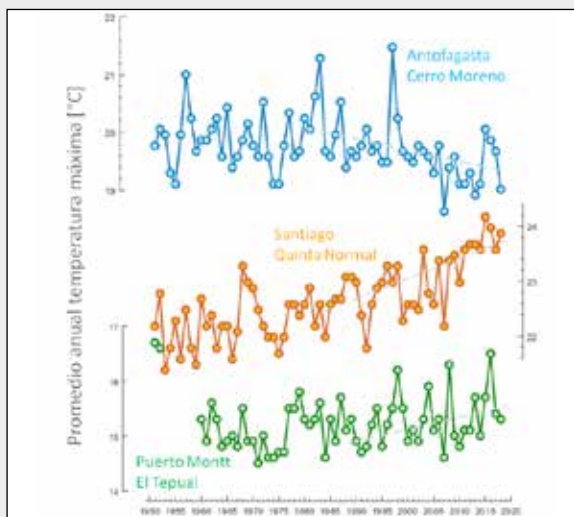
Efectos regionales del Cambio Climático

El calentamiento que ha experimentado el aire cerca de la superficie durante el siglo pasado es muy variable sobre la Tierra. En general, el aire se ha calentado más sobre los continentes que sobre los océanos, pues estos últimos pueden distribuir el exceso de energía en su interior. Otros factores, como el derretimiento de los hielos continentales o la expansión de la vegetación, ambos inducidos por el calentamiento, pueden reforzar o amortiguar a nivel regional la variación de escala global. Si la Tierra está más cálida provoca un ciclo hidrológico más intenso, causando mayores precipitaciones en las zonas tropicales pero aridificando algunas zonas subtropicales debido a la alteración de la circulación atmosférica. En el caso de Chile, la extensa costa y la cordillera de los Andes modifican de manera importante el calentamiento (Ver Figura 18) En la zona

centro-norte el calentamiento durante los últimos 50 años se ha dado mayormente en los valles interiores y sobre los sectores precordilleranos, especialmente al considerar las temperaturas diurnas del período estival, haciendo más frecuentes e intensas las olas de calor de verano. Aunque estas rara vez superan los 35°C y tienen un bajo impacto directo en la salud humana, las olas de calor generan condiciones favorables para la propagación de grandes incendios forestales como lo muestra la historia reciente. En contraste con la zona interior, la franja costera desde Valparaíso al norte ha experimentado un calentamiento muy débil e incluso se observa un enfriamiento en ciertos sectores, lo que se debe a la intensificación de los vientos del sur que promueven el afloramiento de aguas frías a lo largo de la costa. Los cambios de temperatura en la zona austral son modestos debido al efecto moderador que imparte el vasto océano Pacífico.

Durante las últimas tres décadas ha ocurrido también una expansión hacia el sur de la banda de altas presiones sobre el Pacífico subtropical y un desplazamiento hacia el sur de la trayectoria preferente de las tormentas de latitudes medias. Estas alteraciones de gran escala explican buena parte de la tendencia a la disminución de precipitaciones en la zona centro-sur de Chile. La gradual disminución de la precipitación es clara en las estaciones ubicadas entre el Biobío y Aysén donde las variaciones interanuales son modestas en comparación del promedio climatológico. En contraste, la zona semiárida (regiones de Coquimbo, Valparaíso y Metropolitana) presenta grandes variaciones entre un año y otro, asociado con la alternancia de las fases del fenómeno de El Niño – Oscilación del Sur, oscureciendo la tendencia

Figura 18: Evolución de las temperaturas en Chile. Promedio anual de la temperatura máxima en tres estaciones.



FUENTE DE DATOS: DMC

de largo plazo asociada al cambio climático. La megasequía en la zona centro-sur de Chile, con un déficit de precipitación sostenido desde el año 2010, ha comenzado a relevar más la señal del cambio climático, aun cuando buena parte de este fenómeno es aun debido a condiciones aparentemente naturales. La megasequía ha tenido impactos nocivos en la disponibilidad de agua, vegetación natural y régimen de incendios, causando también problemas sociales y económicos. Tal vez esta es una de las claves del amplio consenso entre los chilenos sobre la realidad del cambio climático.

Cambios proyectados para Chile

Los rasgos más salientes del cambio climático en Chile son un calentamiento generalizado, pero con magnitudes que varían regionalmente, y el secamiento de gran parte del territorio nacional. Aquí se consideran los cambios hacia fines de siglo (respecto a la condición actual) bajo el escenario RCP8.5. Hay que hacer notar que este no es un pronóstico en sentido estricto; se trata de los cambios que podríamos experimentar si la humanidad no adopta medidas de mitigación efectivas y por el contrario continuamos nuestro desarrollo emitiendo cada vez más de gases con efecto invernadero llevando así la concentración del CO₂ hasta unas 1000 ppm. Aumentos de temperatura del aire mayores a 3.5°C (respecto al promedio actual) se proyectan sobre las zonas altas del norte de Chile, y en torno a los 2.3°C en los valles interiores y precordillera de Chile central entre las regiones Atacama y el Biobío. El aumento de temperatura ocurre a lo largo de todo el año, aunque tiende a ser más marcado en verano y durante el periodo diurno. El calentamiento es menos marcado (<1°C) en la franja litoral desde Arica hasta el Maule, debido a que un incremento de los vientos del sur aumenta el afloramiento de aguas frías a lo largo de nuestras costas. El calentamiento del aire hacia fines de siglo también es más moderado en la zona austral del país, con aumentos proyectados de 1-1.5°C entre las regiones de Los Lagos y Magallanes, debido a que los fuertes vientos del oeste en esta zona ventilan permanentemente el continente con aire proveniente del Pacífico sur. Las tendencias proyectadas por los modelos climáticos son consistentes, en general, con las observadas en las últimas tres décadas brindando mayor credibilidad a las proyecciones. Los cambios de temperatura considerando otros escenarios de emisiones son similares en su distribución espacial pero disminuyen en magnitud. Por ejemplo, bajo el escenario optimista RCP2.6 el máximo calentamiento en la zona altiplánica solo alcanza los 2°C hacia fines de siglo.

Continuando con los cambios esperados hacia fines de siglo bajo el escenario RCP8.5, una disminución de la precipitación media anual superior al 10% se extiende entre las regiones de Coquimbo hasta Los Lagos, con un máximo cercano al 33% de déficit (respecto al promedio actual) en las regiones del Maule, Ñuble y parte del Biobío. El secamiento abarca desde el océano Pacífico adyacente a nuestras costas hasta la parte alta de la cordillera de los Andes, contrastando con una tendencia a mayores precipitaciones sobre el centro de Argentina. El descenso proyectado de la acumulación anual de lluvias en la zona central se debe a la disminución de las precipitaciones durante los meses de invierno (la estación de lluvias) pero también ocurre en los meses de otoño y primavera. Más al sur, las precipitaciones estivales, significativas en el clima actual, experimentarían también una disminución en el futuro. Las simulaciones climáticas también indican un leve aumento de las precipitaciones sobre vasta región de Magallanes, como sobre la porción Altiplánica de nuestro país donde la lluvia se concentra en los meses de verano.

Buena parte de los cambios proyectados de precipitación en el país se explican por el fortalecimiento y expansión hacia el sur de anticiclón subtropical del Pacífico, junto al desplazamiento hacia el sur del cinturón de los vientos del oeste en el cual viajan las tormentas de latitudes medias. El anticiclón más intenso es indicativo también de un mayor descenso del aire sobre la zona subtropical que incrementa la temperatura en las zonas más altas de nuestro país a la vez que fortalece los vientos del sur sobre el océano enfriando la costa del centro-norte de Chile. Las consecuencias de los cambios climáticos que se han resumido aquí son vastas y diversas, algunas de las cuales han emergido durante la actual mega-sequía (2010-2019). De primer orden son los cambios que experimentará el régimen hidrológico en la zona centro-sur de Chile. La disminución de la precipitación anual resulta en una caída en el caudal medio de los ríos, amplificada cerca de un 5% por la mayor evapotranspiración en un clima más cálido. El aumento de temperatura significa además una elevación de la línea de nieve durante las tormentas de invierno, aumentando súbita y riesgosamente la escorrentía directa en ciertos eventos, pero disminuyendo la cantidad de nieve que se acumula sobre la cordillera. Este reducido manto nival estará sujeto además a un deshielo más rápido, resultando en un adelantamiento de los caudales máximos en las cuencas pre-cordilleranas y una marcada reducción de los caudales entre fines de verano y otoño, justamente cuando la demanda agrícola es máxima. Un clima más seco y cálido acrecienta el estrés de la vegetación natural, plantaciones agrícolas y forestales, junto con favorecer la ocurrencia de incendios forestales de gran magnitud y extender la temporada de fuego a gran parte del año en la zona centro-sur de Chile. En la parte norte de la Patagonia chilena, la disminución de las precipitaciones de verano y un aumento de la radiación solar pueden alterar la hidrobiología de la zona costera favoreciendo la ocurrencia de floraciones de algas nocivas. A lo largo de la costa del centro y norte de Chile, el reforzamiento de los vientos del sur aumenta la surgencia de aguas profundas, las que aportan nutrientes a la capa superficial del océano pero son muy pobres en oxígeno disuelto, causando complejos cambios en la ecología marina cuyas consecuencias en la productividad biológica aún no son claras. El incremento de la surgencia aumenta también los flujos hacia la atmósfera de dióxido de carbono y otros gases, generando una retro-alimentación positiva del efecto invernadero.

René Garreaud, Centro de Ciencias del Clima y la Resiliencia (CR)2, Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas.

4.2.2 Cambios en la vegetación terrestre.

Las especies tienen limitaciones para dispersarse cuando cambian las condiciones ambientales en sus áreas. Se han realizado distintos estudios para modelar el comportamiento futuro de las especies y los ecosistemas terrestres en Chile, frente a escenarios de cambio climático. En 2010, el Instituto de Ecología y Biodiversidad (IEB), encomendado por la entonces CONAMA, desarrolló el estudio denominado "Vulnerabilidad de la biodiversidad terrestre en la ecorregión mediterránea, a nivel de ecosistemas y especies, y medidas

de adaptación frente a escenarios de cambio climático". En relación con la distribución y dispersión de las especies, el estudio señala que las consecuencias de este cambio dependerían fundamentalmente de la capacidad de dispersión o migración a gran escala con que cuenten las especies estudiadas. La gran mayoría de las 1.447 especies de flora terrestre y 67 especies de fauna analizadas, presentarían reducciones en su área de distribución. Los impactos del cambio climático sobre 36 ecosistemas evaluados en este mismo estudio muestran un patrón de variación latitudinal en casi todas las unidades presentes en la zona costera e interior del norte y centro de Chile pues al tener climas más cálidos se trasladarían las condiciones actuales desde la zona norte hacia las zonas central y austral, con lo cual se podrían ver influenciadas de manera importante las comunidades vegetales y fauna asociada. Por ejemplo, los herbívoros de la zona austral podrían verse beneficiados, al generarse condiciones para un mayor crecimiento de la biomasa vegetal. Así también, las unidades con vegetación esclerófila y espinosa son las que muestran mayor variación en sus rangos de distribución actuales. La mayor cantidad de cambios en las unidades de vegetación estimados hacia fines de siglo ocurriría en la zona central de Chile, área donde los ecosistemas experimentarían mayor dinamismo. En este contexto, la vegetación del hotspot de clima mediterráneo y templado sería altamente vulnerable a dichos cambios.

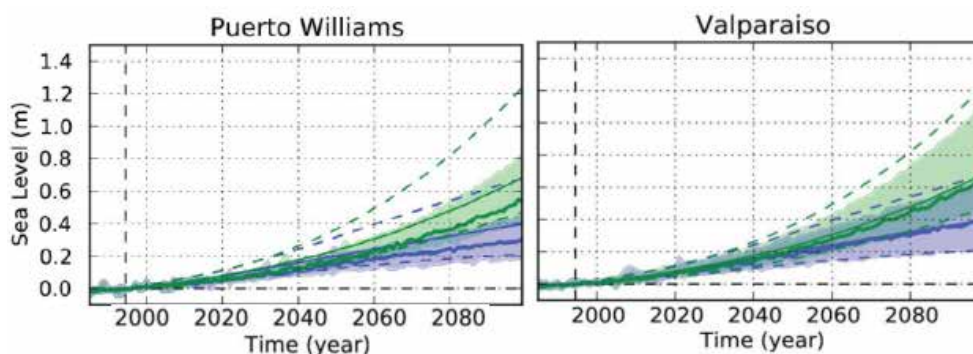
Para el caso de los humedales altoandinos en el extremo norte del país, se seleccionaron ocho sitios correspondientes a las cuencas con mayor cantidad de hábitat de humedal (Cuenca altiplánica, del Río Lluta, del Salar de Atacama, del Río Loa, Cuencas Endorreicas del Salar de Atacama, Cuenca Norte Salar de Pedernales, Vertiente Pacífico y Río Huasco). Los resultados del análisis indican que el balance hídrico futuro se caracterizará por una tendencia al aumento de las temperaturas y reducción del agua de precipitaciones, caudales y escorrentía superficial, siendo estos últimos los principales sostenedores de los humedales de esta zona, lo que significaría un perjuicio en la estabilidad y funcionalidad ecológica de estos ecosistemas.

De manera complementaria, en el estudio realizado por el Centro de Agricultura y Medio Ambiente de la Universidad de Chile (AGRIMED) se analizó el estrés bioclimático sobre cada uno de los 127 pisos vegetacionales de Chile. En base a este concepto e incorporando además otras variables no climáticas que inciden en la vulnerabilidad de los ecosistemas, se identifican como especialmente afectados en 2050 los pisos de vegetación situados en la zona central del país, entre las regiones de Coquimbo y Los Lagos. Entre ellos, los más vulnerables serían algunos pisos de vegetación pertenecientes a las formaciones vegetacionales bosque esclerófilo, bosque caducifolio y bosque laurifolio. Los autores consideran que la velocidad de adaptación de las comunidades de plantas y animales no es compatible con la rapidez con que se prevé que seguirán ocurriendo los cambios climáticos en el mundo. Aunque el territorio chileno posee condiciones particularmente favorables para atenuar la magnitud de los cambios en las temperaturas, no es lo mismo en el caso de las precipitaciones, las cuales amenazan con seguir disminuyendo durante varias décadas más amenazando seriamente a los recursos hídricos y a la vegetación natural, que debería adaptarse en una importante extensión del territorio a una condición algo más árida. Los resultados del estudio señalan también que la región central mediterránea del país podría ser la más afectada por la disminución de las precipitaciones. En esta zona se ha indicado como probable el año 2040 una reducción superior a 30% en el promedio anual de las precipitaciones. En las regiones altas, arriba de los 2.000 m, se sentiría con fuerza el aumento de la temperatura, lo cual hará que los ecosistemas de altura requieran particular atención, no sólo por la amenaza climática, sino porque cumplen un importante rol regulador hídrico en las partes altas de las cuencas.

4.2.3 Cambios en ambientes marinos

En los ambientes marinos de Chile se pronostican aumentos del nivel medio del mar al año 2100, del orden de los 20 cm, entre los 30°C y 60°C S y de 25 cm, entre los 20°C y 30°C S. Ver Figura 19.

Figura 19: Pronósticos de cambios en el nivel del mar (Puerto Williams y Valparaíso)



Los vientos superficiales se fortalecerán pasando de un promedio de 6,5 m/s en el período 2000-2005, a 7,5 m/s en el período 2071-2100, efecto que asociado a las surgencias tenderían a enfriar las aguas superficiales. Pese a la relevancia del sector pesquero y acuícola dentro de la economía nacional, actualmente Chile no cuenta con información detallada respecto de los efectos del cambio climático sobre dichas actividades lo cual es relevante, dado que se espera que el cambio climático traiga consigo una reorganización de las comunidades de plancton, y en consecuencia, genere efectos sobre especies vinculadas a la pesca. Otro de los efectos esperados se relacionaría con la distribución y la abundancia de mamíferos marinos. Sumado a lo anteriormente señalado, se pronostica la posibilidad de que aumenten eventos con mínima concentración de oxígeno, con repercusiones en la fauna costera y marina, así como cambios en la temperatura y salinidad donde se concentran cultivos marinos, lo cual podría causar la diseminación de enfermedades.

4.3 CENTROS DE INVESTIGACIÓN UNIVERSITARIA SOBRE EL CAMBIO CLIMÁTICO

4.3.1 Estudios del Centro de Ciencias de Clima y Resiliencia (CR)2. (Universidad de Chile).

También conocido como (CR)2, está conformado por investigadores de la Universidad de Chile como institución patrocinante, e investigadores de la Universidad de Concepción y la Universidad Austral de Chile, en otras, como instituciones asociadas. Tuvo como objetivo en su primera etapa, el estudio de manera interdisciplinaria del cambio climático y su impacto sobre los ecosistemas y a la sociedad chilena, trabajando en 5 líneas de investigación: biogeoquímica, dinámica del clima, dimensión humana, servicios ecosistémicos y modelación y sistemas de observación.

En el año 2018, el centro comenzó una segunda etapa de investigación, enfocada en estudios del agua y extremos, cambio de uso de suelo, ciudades resilientes, gobernanza e interfaz ciencia-política, zona costera, además de otras temáticas transversales como: incendios forestales, tormentas en la zona árida, contaminación atmosférica y floraciones microalgales. Sus estudios se basan principalmente en el uso de diversos instrumentos, sistemas y bases de datos.

Dentro de los servicios climáticos que entrega el Centro, las simulaciones climáticas son las que más han cobrado relevancia, sobre todo en el marco de cumplimiento de los Acuerdos Internacionales de Cambio Climático. El centro ha realizado simulaciones climáticas globales, como fue el caso del proyecto Coupled Model Intercomparison Project Phase 5“ - CMIP5, realizado para la preparación del quinto reporte del Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC). También han realizado Simulaciones Climáticas Regionales que evalúan en un escenario futuro las condiciones más probables del sistema climático regional. Además se han realizado simulaciones para la Dirección Meteorológica de Chile (DMC), que corresponden a WRF-MIROC5, en los escenarios RCP 2.6 y RCP 8.5.

4.3.2 Estudios de Centro de Cambio Global (Pontificia Universidad Católica de Chile)

Centro inaugurado el año 2009, teniendo como misión promover la colaboración académica (nacional e internacional) para investigar los fenómenos relacionados con el cambio global, abordando integralmente las dimensiones biofísicas y humanas, incluyendo diferentes ámbitos de acción como gestión de los recursos naturales, desarrollo sustentable y vulnerabilidad, impactos y adaptación al cambio climático. Está conformado por las facultades de Agronomía e Ingeniería Forestal, Ciencias Biológicas, Ingeniería, Ciencias Económicas y Administrativas e Historia, Geografía y Ciencia Política de la Universidad Católica de Chile.

Sus objetivos principales son: i) Generar conocimiento para fortalecer la capacidad nacional (y regional) para enfrentar el Cambio Global. ii) Establecer vínculos estrechos con los sectores público y privado para contribuir eficazmente al desarrollo sustentable del país. iii) Comunicar y difundir los resultados obtenidos, creando conciencia de las responsabilidades individuales y colectivas en la mitigación y adaptación al cambio Global.

4.3.3 Centro de Agricultura y Medio Ambiente (AGRIMED) (Universidad de Chile).

Este centro fue creado en el año 1995 con el propósito de vincular a la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de Chile con la problemática ambiental que enfrenta la agricultura del país (AGRIMED). Con este propósito ha desarrollado investigación utilizando tecnologías como sistemas de información geográfica, análisis de imágenes satelitales, modelamiento numérico espacial, sistemas de visualización 2D y 3D, bases de datos ambientales, técnicas de simulación para la creación de escenarios de Cambio Climático y evaluación de impactos sobre los recursos naturales.

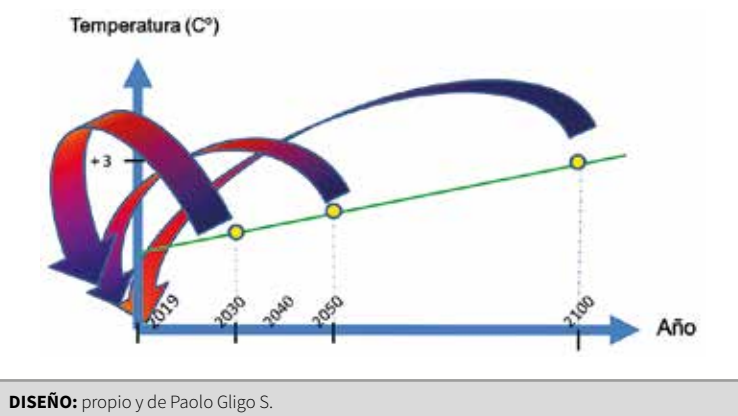
Dentro de sus acciones se pueden destacar la creación de un sistema de gestión de riesgos agroclimáticos para la adaptación a nuevos escenarios climáticos, la participación en el diagnóstico de vulnerabilidad y adaptación a los extremos climáticos en las Américas (VACEA), la elaboración de un portafolio de propuestas de adaptación del sector silvoagropecuario al Cambio Climático en Chile, en otros proyectos. Como uno de los proyectos más significativos se puede destacar el Atlas Agroclimático de Chile, impulsado por el Ministerio de Agricultura a través de la Fundación para la Innovación Agraria (FIA) que busca responder sobre el comportamiento climático y sus efectos en la agricultura del país.

4.4 EL DÉFICIT EN LOS ESTUDIOS SOBRE EL CAMBIO CLIMÁTICO.

Al revisar los distintos estudios que modelan los cambios climáticos y analizando sus efectos en el territorio nacional, en la mayoría de los casos se constata que ellos se elaboran sobre la situación actual de los bienes de la naturaleza y de los ecosistemas. Para muchos estudios, los ecosistemas del territorio, sus componentes, atributos y comportamientos son una línea base estática que no cambia a futuro.

Este grave error hace que estos pronósticos de efectos sean inadecuados, pues se está proyectando los efectos del cambio a un panorama que no va a existir en el futuro. En base a los antecedentes que se presentan en la Segunda Parte de este Informe se llega a la conclusión que situación del territorio estará mucho más deteriorada hacia 2030, 2050 o 2100. En la Figura 21 se grafica el déficit conceptual predominante cuando se modelan los cambios progresivos de temperaturas (sobre la base de algunas de las hipótesis predominantes)

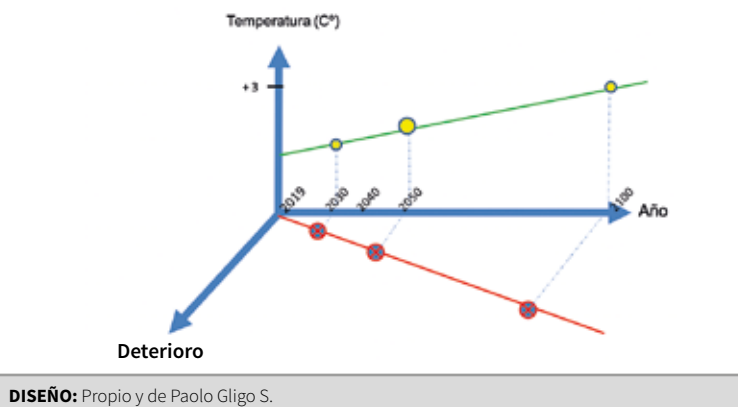
Figura 20 El error predominante en las proyecciones del cambio climático



El principal error se produce porque se consideran constantes los datos de la situación de los ecosistemas y por lo tanto no sufren variaciones a partir de la situación presente. En general, y en base a los antecedentes aportados en este y anteriores informes, en nuestro país la gran mayoría de los ecosistemas se están deteriorando y sus componentes se van reduciendo. Un ejemplo: Utilizando el promedio de las 3 principales fuente que aparecen en la Segunda Parte Capítulo 4 Bosques Nativos la pérdida de estos, es de 19.149 ha/año. Proyectada esta tasa en forma lineal desde 2018 al 2030 se tendría 421.278 hectáreas menos, y al 2050 804.258 ha menos.

En consecuencia, se hace sumamente necesario, si se quiere tener una mejor y más precisa estimación de cómo será en país en el futuro, utilizar todos los antecedentes acumulados para analizar los grados de deterioro de los ecosistemas, considerando que en muchos de los territorios el efecto indiscutiblemente será acumulativo.

Figura 21 La incorporación de la variable Deterioro en las proyecciones del cambio climático



Incorporar la variable de Degradación no es una tarea fácil. Se hace necesario establecer un adecuado método basado en ciertos criterios. En primer lugar, y asumiendo que el ambiente físico del país es extremadamente heterogéneo, no puede haber estudio agregados sino que se deben realizar múltiples estudios territoriales según las diversas realidades. En segundo lugar, se necesita fijar un criterio de desagregación que podría ser un ecosistema o una cuenca o la combinación de ambos. En tercer lugar, habría que desagregar cada unidad de cuenca/ecosistema en función de tipos: urbosistema, ecosistema prístino, agrosistema de riego, agrosistema de secano, agrosistema forestar nativo, agrosistema de plantación forestal, ecosistema marítimo.

El tipo de estudio y sus indicadores también deberá ser diferenciado. Podría construirse con un indicador global que nazca de atributos ecosistémicos como resiliencia, estabilidad, vulnerabilidad, amplitud, etc. Los otros estudios podrían ser específico, definidos estos en función de cada desagregación del ecosistema/cuenca. Para ello habría que elegir indicadores de factores limitantes como disponibilidad de agua, contaminación, pérdida de nutrientes, erosión del suelo, pérdida de carbono del suelo, etc. Ver Cuadro 13

Cuadro 13 Matriz para definición sobre grados de deterioro ecosistémico					
	Ecosistema/Cuenca A			Ecosistema/Cuenca n	
Urbosistema	IG	Ie		IG	Ie
Ecosistemas prístinos	IG	Ie		IG	Ie
Agrosistema de riego	IG	Ie		IG	Ie
Agrosistema de secano	IG	Ie		IG	Ie
Agrosistema forestal nativo	IG	Ie		IG	Ie
Agrosistema plantaciones forestales	IG	Ie		IG	Ie
IG = Indicador Global IE = Indicadores específicos					

Profundizar y definir criterios sobre grados de deterioro es una tarea pendiente para perfeccionar los métodos que simulan el impacto futuro del cambio climático.

4.5 LAS ACCIONES DEL ESTADO FRENTE AL CAMBIO CLIMÁTICO.

Los antecedentes recogidos llevan a concluir que el país está seriamente atrasado en las políticas y medidas para enfrentar el cambio climático. Hay compromisos internacionales de mitigación, casi todos en proceso de implementación, y por lo tanto, sin mostrar avances concretos, en tanto que otros planes, políticas y programas no presentan avance alguno o sólo han quedado en los anuncios.

4.5.1 Los compromisos internacionales.

En el año 2017 Chile ratificó su participación en el Acuerdo de París, tratado internacional surgido bajo la Convención Marco de las Naciones Unidas para el Cambio Climático (CMNUCC) en el año 2015, luego de la Conferencia de las partes número 21 (COP 21) realizada en París, Francia. Esto ha significado el cumplimiento del Artículo 4, párrafo 1 letra (a) y del Artículo 12, párrafo 1 letra (a) de la CMNUCC, donde se explicita que las partes deben presentar sus Inventarios Nacionales de Gases de Efecto Invernadero (INGEI) ante la CMNUCC como parte de las comunicaciones nacionales cada 4 años y como parte de sus Informes Bienales de actualización a partir del año 2014. Chile fue el primer país en presentar las Acciones de Mitigación Nacionalmente apropiadas (NAMA) frente a la CMNUCC, aunque a la fecha ha habido poco avance en estas políticas sectoriales, tal como se puede apreciar en la Figura 22.

Figura 22: Acciones de Mitigación Nacionalmente Apropriadas (NAMA) de Chile

Nombre	Sector y gases	Periodo	Reducción de GE estimada	Estado
Energías Renovables para Autoconsumo (SSRE) en Chile	Energía CO ₂	2015-2022	1,5 MICO ₂ .eq	En implementación
Zona Verde para el Transporte en Santiago	Transporte e infraestructura CO ₂	2014-2022	1,43 MICO ₂ .eq	En implementación y desarrollando su sistema de MRV
Diseño e implementación de la Estrategia de Cambio Climático y Recursos Vegetacionales	UTCUTS CO ₂	2013-2025	42 MICO ₂ .eq	En implementación
Acuerdos de Producción Limpia (APL) en Chile	Transversal	2012-2020	18,4 MICO ₂ .eq	En implementación
Programa de Valorización Energética de Residuos Industriales (ex-Programa Nacional para la Catalización Industrial y Comercial en la Gestión de Residuos Orgánicos en Chile)	Energía, Residuos CO ₂ , CH ₄	Por definir	Potencial de reducción en estimación	Suspendida
Secuestro de carbono a través del manejo sustentable de los suelos	Agricultura, Forestal/AFOU CO ₂	Por definir	65 a 80 MICO ₂ .eq	En diseño, buscando apoyo para su implementación

FUENTE: Tercer Informe Bial de Actualización de Chile sobre Cambio Climático 2018. MMA

Otras medidas anunciadas son: Contribución Nacionalmente Determinada (NDC), comunicado en el año 2015 y Establecimiento de metas de intensidad de emisiones. De todas las iniciativas, la que es importante mencionar es la referida al Impuesto verde a la emisión de dióxido de carbono de fuentes fijas.

4.5.2 Planes de Adaptación al Cambio Climático

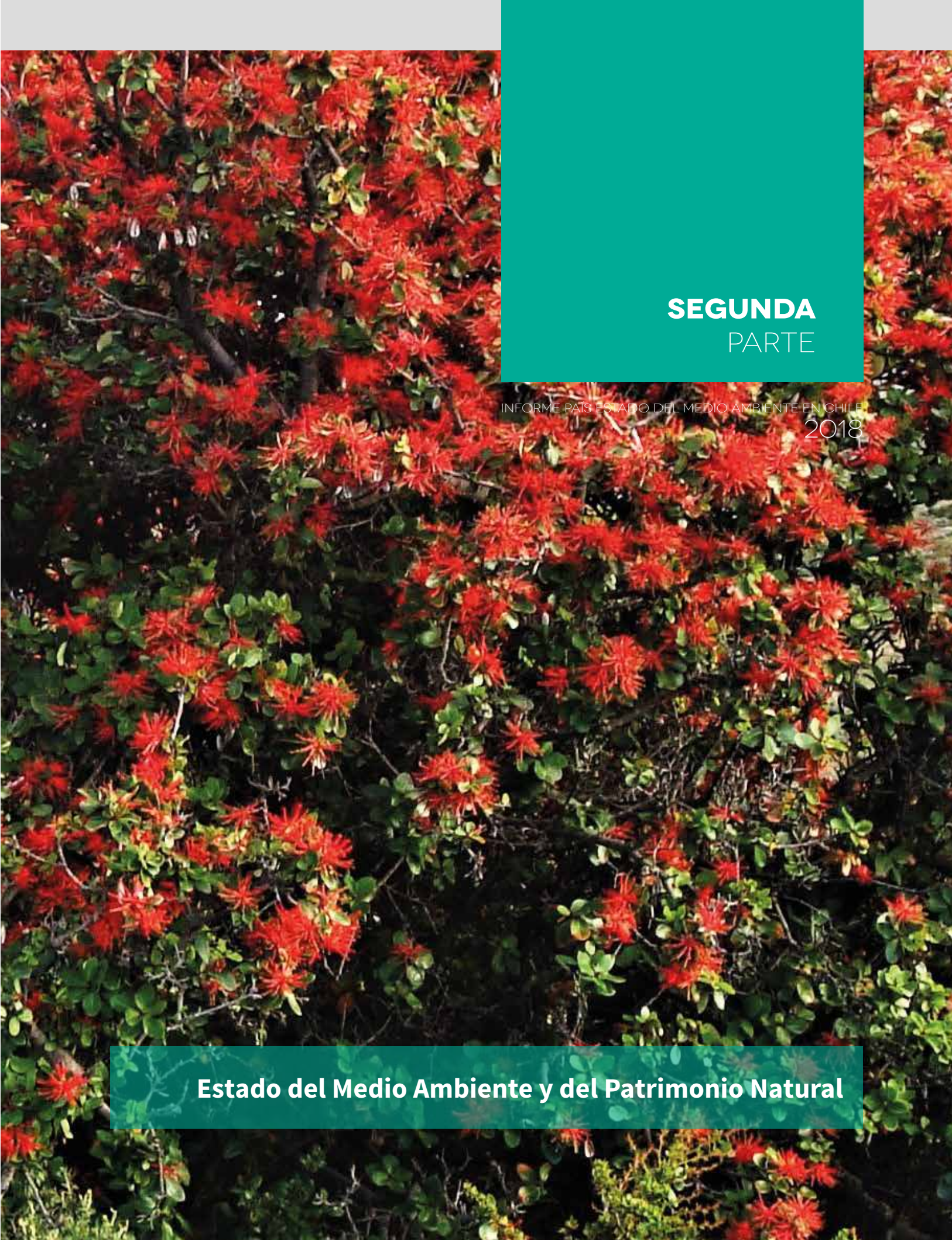
El Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático ha tenido dos versiones (2008-2012) y (2017-2022). En esta última se estructuraron 4 líneas de acción: adaptación al cambio climático, mitigación de los GEI, medios de implementación y gestión del cambio climático a nivel regional y comunal

El Gobierno elaboró los siguientes planes sectoriales para enfrentar el cambio climático: salud, silvoagropecuaria, biodiversidad, pesca y acuicultura, plan de adaptación y mitigación de los servicios de infraestructura, Planes de adaptación al Cambio Climático para las ciudades chilenas, Plan de adaptación al Cambio Climático para el sector energía, recursos hídricos, y turismo. Es muy prematuro dar un juicio sobre su eficacia y sobre la diligencia para implementarlos.

BIBLIOGRAFÍA

- Banco Central de Chile., Indicadores de Comercio Exterior 2015 al 2018,
- Banco Central de Chile, Cuentas Nacionales de Chile 2008 al 2018,
- Banco Central de Chile, Informe de Comercio Exterior 2013 al 2018
- Bosier, J.P., R. Rondanelli, R. Garreaud, F. Muñoz, 2016: Natural and anthropogenic contributions to the Southeast Pacific precipitation decline and recent mega-drought in central Chile. Geophys. Res. Lett., 43, doi:10.1002/2015GL067265
- Centro de Ciencia del Clima y la Resiliencia (CR)2. (2015) Informe a la Nación: La megasequía 2010-2015: Una lección para el futuro, Santiago.
- CEPAL (Comisión Económica para América Latina y el Caribe) (2015), Efectos del cambio climático en la costa de América Latina y el Caribe: dinámicas, tendencias y variabilidad climática (LC/W.447/Rev.1), Santiago.
- CEPAL (2012), "La economía del cambio climático en Chile", Documento de Proyecto (LC/W.472), Santiago [en línea] www.cepal.org/es/publicaciones/35372-la-economia-del-cambio-climatico-en-chile.
- CEPAL (2010), La economía del cambio climático en América Latina y el Caribe: síntesis 2010 (LC/G.2474) http://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/2974/S2010992_es.pdf?sequence=1.
- COCHILCO, Ministerio de Minería, Gobierno de Chile, Anuario de Estadísticas del Cobre 1993-2018
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL)/Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE), Evaluaciones del desempeño ambiental: Chile 2016, Santiago, 2016.
- Garreaud R., C. Álvarez-Garretón, J. Barichovich, J.P. Boisier, D.A. Christie, M. Galleguillos, C. LeQuesne, J. McPhee, M. Zambrano-Bigiarini, 2017: The 2010-2015 mega drought in Central Chile: Impacts on regional hydroclimate and vegetation. Hydrol. Earth Syst. Sci., 21, 1-21, <https://doi.org/10.5194/hess-21-1-2017#>
- Garreaud R., J.P. Boisier, R. Rondanelli, A. Montecinos, H. Sepúlveda and D. Veloso-Águila, (2019): The Central Chile Mega Drought (2010-2018): A Climate dynamics perspective. International Journal of Climatology. 1-19. <https://doi.org/10.1002/joc.621>

- Gobierno de Chile (2018) DIRECON, Ministerio de Relaciones Exteriores.
- Gonzalez Inti 1 , Jorge Arigony-Netto 2,3 , Rodrigo Gomez 1 , Ricardo Jaña 4 , Daniel Costa 2 , Pedro Pacheco 2 , Cristiane Carvalho 1 (2018) 1Centro Regional Fundación CEQUA, Chile. 2 Instituto de Oceanografía, Universidade Federal do Rio Grande, Brazil. 3 Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia da Criosfera, Brazil. 4 Instituto Antártico Chileno, Chile "Variaciones en el comportamiento de glaciares de la vertiente Este del Cordón Navarro, Cordillera de Darwin".
- Marquet et al (2010). Vulnerabilidad de la biodiversidad terrestre en la ecoregión mediterránea, a nivel de ecosistemas y especies, y medidas de adaptación frente a escenarios de cambio climático. Instituto de Ecología y Biodiversidad de Chile.
- Ministerio de Desarrollo Social, Gobierno de Chile, Encuesta CASEN 2011 y 2016.
- Ministerio de Medio Ambiente (2018) Cuarto Reporte Estado del Medio Ambiente .
- Ministerio de Medio Ambiente (2014), Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático, Santiago,
- Ministerio del Medio Ambiente (2013), Estrategia Nacional de Crecimiento Verde, Santiago, Ministerio del Medio Ambiente/Ministerio de Hacienda.
- Ministerio de Energía (2014), Chile's National Greenhouse Gas Inventory, 1990-2010, Santiago.
- Ministerio de Energía. (2014), Agenda de Energía: un desafío país, progreso para todos, Santiago
- Ministerio de Relaciones Exteriores, "Acuerdos comerciales", 2015 www.direcon.gob.cl/acuerdos-comerciales/; y "Ex-Post assessment of the environmental provisions of RTAs subscribed by Chile".
- Sáenz Alveal, Néstor, (2018) Estimación de los efectos del cambio climático en la extensión y volumen de los glaciares Grey, Tyndall y Dickson, en el periodo 1998 – 2017, Proyecto de título, Universidad de Concepción.
- Santibañez, F., Santibañez, P., Caroca, C., González, P., Gajardo, N., Perry, P., Simonetti, J. y Pliscoff, P. (2013) Plan de acción para la protección y conservación de la biodiversidad, en un contexto de adaptación al cambio climático. Santiago Estudio llevado a cabo por la Fundación Facultad de Ciencias Agronómicas Universidad de Chile para el MMA



SEGUNDA PARTE

INFORME PAÍS ESTADO DEL MEDIO AMBIENTE EN CHILE
2018

Estado del Medio Ambiente y del Patrimonio Natural



CAPITULO 1

INFORME PAÍS ESTADO DEL MEDIO AMBIENTE EN CHILE
2108

1. AIRE

1.1 ANTECEDENTES GENERALES

El presente trabajo actualiza el estudio de la comparación de la calidad de aire en Chile entre los años 1999 y 2015 incluyendo, cuando se contó con los datos, el trienio 2016 a 2018, y algunos periodos intermedios para visualización de tendencias. Se elabora principalmente sobre la base de información de calidad del aire del Ministerio del Medio Ambiente que es mantenida en sitios web, entre estos, <http://sinca.mma.gob.cl/> y <http://sinia.mma.gob.cl/>.

En la Región Metropolitana de Santiago, las primeras mediciones y registros de calidad de aire se obtuvieron en 1964, sistematizándose posteriormente con dos hitos importantes: La instalación de la Red de Vigilancia de Calidad del Aire en 1976 y la entrada en operación de una red automática (MACAM) en 1988. En otras regiones del país, las primeras redes se instalaron en fundiciones y refinerías de cobre: en 1976 comienza a operar la red de la fundición Chagres (V Región), en 1986 la red de Chuquicamata, en 1992 las redes de las fundiciones Paipote, Ventanas y Caletones_ y en 1993 la red de la fundición Potrerillos.

A través de campañas de monitoreo de calidad de aire realizadas a fines de los 90s, ya se había constatado la ocurrencia de altas concentraciones de material particulado en ciudades del sur de Chile. Sin embargo, la implementación de estaciones públicas orientadas a un monitoreo permanente y vigilancia de la calidad de aire tardó en implementarse y tuvo una baja cobertura en su inicio.

A partir de la entrada en vigencia del Reglamento del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (D.S. 30/1997 de MINSEGPRES) ha ido en aumento el número de estaciones para seguimiento y control de las emisiones de proyectos públicos y privados. En regiones, la medición pública de la calidad del aire se inicia de forma sistemática en 2004, con el Sistema de Vigilancia de la calidad del aire (SIVICA) de MINSAL, con estaciones en Viña del Mar, Temuco y Rancagua.

En 2008 la red SIVICA aumenta a 14 estaciones, al instalarse equipos en Andacollo, Los Andes, Rengo, San Fernando, Chillán, Concepción, Talcahuano, Padre Las Casas, Osorno, Valdivia y Coyhaique. El aumento de la cobertura del monitoreo en las principales ciudades del Sur de Chile, ha permitido verificar que durante los meses fríos (principalmente entre abril y agosto), en un alto número de días se

superan los valores límites de las normas diarias de MP10 y MP2,5. Se han alcanzado niveles considerados peligrosos para la salud de las personas, por lo que en varias ocasiones se ha debido decretar medidas de emergencia sanitaria. La principal razón de los altos niveles de material particulado es la combustión de leña para calefacción y cocina domiciliaria.

En 2012 la red SIVICA queda a cargo del Ministerio de Medio Ambiente, incluyendo nuevas estaciones en: Arica, Antofagasta, Huasco, Copiapó, Coquimbo, La Serena, Cuncumén, Quilpué, Valparaíso, Curicó, Linares, Talca, Maule, Los Ángeles, Coronel, Chiguayante, Puerto Montt, Chaitén y Punta Arenas.

En resumen, desde el año 1999 con un monitoreo público concentrado en la Región Metropolitana con sólo 8 estaciones, ha habido un significativo aumento tanto en la cantidad como en la cobertura de las estaciones hasta el año 2018, donde se cuenta con una red pública de 59 estaciones. De estas, 57 están en línea, con información actualizada cada hora en los sitios web del MMA <http://sinca.mma.gob.cl/> y <http://airechile.gob.cl/> apoyando la gestión de la Calidad del Aire, principalmente en el periodo otoño-invierno. Considerando las estaciones públicas y privadas se estima más de 200 estaciones de calidad de aire en Chile, 199 de ellas están en el portal SINCA, según se indica en el Recuadro N°1.

RECUADRO 1.1: Listado de estaciones y variables medidas por región

Variable medidas por Región							
REGIÓN	N° EST.	MP 2,5	MP 10	SO ₂	NO ₂	CO	O ₃
Arica y Parinacota	1	1	0	0	0	0	0
Tarapacá	1	1	0	0	0	0	0
Antofagasta	27	8	24	17	7	5	6
Atacama	28	5	15	19	3	1	2
Coquimbo	17	2	14	0	0	0	0
Valparaíso	37	12	29	27	17	11	19
Metropolitana	13	13	13	11	11	11	11
Lib. B. O'Higgins	14	4	11	10	3	6	7
Maule	8	6	7	3	3	3	2
Ñuble y Biobío	31	15	22	19	11	8	8
Araucanía	5	4	5	0	1	2	0
Los Ríos	7	4	6	5	5	5	4
Los Lagos	6	4	5	1	1	1	0
Aysén	3	3	2	2	1	1	1
Magallanes	1	1	0	0	0	0	0
Total en SINCA	199	83	153	113	63	54	60



Andacollo



Rancagua



Chillán

En 1998 se estableció la norma primaria para Material Particulado Respirable (MP10) y posteriormente en 2002, las normas primarias para los gases criterio, Dióxido de Azufre (SO₂), Monóxido de Carbono (CO), Dióxido de Nitrógeno (NO₂), Ozono (O₃) y en 2011 se estableció la norma para MP2,5. Las normas primarias de calidad de aire (ver Cuadro N° 1.1) han sido superadas en varias ciudades y entornos de fuentes mineras. Esto ha obligado a la autoridad ambiental a declarar Zona Saturada (ZS) y elaborar un Plan de descontaminación atmosférica (PDA), con una serie de medidas que tienen como meta, cumplir con las normas primarias y garantizar un ambiente libre de contaminación. Cuando se supera el 80% de la norma se debe declarar Zona Latente y elaborar un plan de prevención para evitar la superación de la norma.

Numerosos estudios científicos nacionales e internacionales, establecen que, como consecuencia de altos índices de contaminación atmosférica, se producen muertes prematuras, y que los segmentos más afectados por la mala calidad del aire son: Lactantes, ancianos, asmáticos y personas con patologías cardiovasculares. Aún la población sana, frecuentemente presenta cuadros importantes de afecciones broncopulmonares, irritación de la vista y mucosas, entre otros.

Por otra parte, se debe considerar que la normativa de calidad de aire a nivel internacional se hace cada vez más exigente y su cumplimiento es vinculante para países que como Chile, pertenecen a la OCDE y tienen compromisos de tratados de libre comercio.

CUADRO 1.1: Valores establecidos en las normas primarias de calidad de aire en Chile, vigentes hasta diciembre de 2018.

CONTAMINANTE (UNIDAD)	Norma horaria	Norma 8 horas	Norma Diaria	Norma Anual	Cuerpo legal
CO (ppm)	26	9	-	-	D.S. N°115/2002
O ₃ (ppb)	-	61	-	-	D.S. N°112/2002
NO ₂ (ppb)	213	-	-	53	D.S. N°114/2002
SO ₂ (ppb)	-	-	96	31	D.S. N°113/2002
MP10 (µg/m ³ N)	-	-	150	50	D.S. N°59/1998 y D.S. N°45/2001
MP2,5 (µg/m ³)	-	-	50	20	D.S. N°12/2011
Plomo (µg/m ³ N)	-	-	-	0.5	D.S. N°136/2001

La Figura 1.1 ilustra la ubicación de las zonas declaradas saturadas. Adicionalmente la fecha de elaboración de los planes de descontaminación vigentes y los contaminantes por los cuales se declaró zona saturada son presentados en el Cuadro N° 1.2.

FIGURA 1.1: Zonas Saturadas vigentes por contaminación atmosférica.

FUENTE: elaboración propia con mapa de <http://ide.mma.gob.cl/>

CUADRO 1.2: Planes de descontaminación o prevención vigentes.

AÑO PDA	DECRETO	COMUNA O ZONA FUENTE EMISORA	DECLARACIÓN DE ZONA SATURADA O LATENTE POR:
1993	D.S. N° 252 de MINMinería	Complejo Industrial Ventanas	SO ₂ y MP ₁₀ en 1994
1993	D.S. N° 132 de MINMinería	Fundición Chuquicamata	MP ₁₀ y SO ₂ en 1991
1995	D.S. N°180 de MINSEGPRES	Fundición Hernán Videla Lira	SO ₂ en 1993
1998	D.S. N°164 de MINSEGPRES	María Elena y Pedro de Valdivia (actualizado por D.S. N°37/2004)	MP ₁₀ en 1993
1998	D.S. N°81 de MINSEGPRES	Fundición de Caletones	MP ₁₀ y SO ₂ en 1994
1998	D.S. N°164 de MINSEGPRES	Fundición de Potrerillos	SO ₂ y MP ₁₀ en 1997
1998	D.S. N°16 de MINSEGPRES	Región Metropolitana (actualizado por D.S. N°26/2017)	MP ₁₀ , CO y O ₃ en 1996 MP _{2,5} en 2014
2010	D.S. N°81 de MINSEGPRES	Tocopilla	MP ₁₀ en 2007.
2013	D.S. N°15 de MMA	Rancagua y 17 comunas del valle central de la VI Región	MP ₁₀ en 2009
2014	D.S. N°59 de MMA	Andacollo	MP ₁₀ en 2009
2015	D.S. N°8 de MMA	Temuco y Padre Las Casas	MP ₁₀ en 2005 - MP _{2,5} en 2013
2016	D.S. N°18 de MMA	Chillán y Chillán Viejo	MP ₁₀ y MP _{2,5} en 2013
2016	D.S. N°46 de MMA	Coyhaique	MP ₁₀ en 2012, MP _{2,5} en 2016
2016	D.S. N°47 de MMA	Osorno	MP ₁₀ y MP _{2,5} en 2012
2016	D.S. N°49 de MMA	Talca y Maule	MP ₁₀ en 2010
2017	D.S. N°4 de MMA	Los Ángeles	MP ₁₀ y MP _{2,5} en 2015
2017	D.S. N°25 de MMA	Valdivia	MP ₁₀ y MP _{2,5} en 2014
2017	D.S. N°25 de MMA	Huasco (Plan de prevención)	Zona Latente MP ₁₀ en 2012
2018	D.S. N°105 de MMA	Comunas de Concón, Quintero y Puchuncaví	MP _{2,5} en 2015

FUENTE: <https://ppda.mma.gob.cl/>

Además de las ciudades o Comunas presentadas en la Figura 1.1, hay otras ciudades y localidades en las cuales las concentraciones de MP10 han superado los valores normados (principalmente la norma anual) o la Norma diaria de MP2,5, pero aún no han sido declaradas zonas saturadas: Mamiña, sector La Negra en Antofagasta, La Calera, Quillota, Linares entre otras.

En 2008 se publicó el “Reglamento de estaciones de medición de contaminantes atmosféricos” (D.S. N°61 de MINSAL), el cual estableció los criterios para que las mediciones sean consideradas válidas para la verificación del cumplimiento de una norma primaria de calidad de aire. Desde esa fecha en adelante, tanto la cantidad de información válida como la calidad y confiabilidad de esta ha ido en aumento. Sin embargo, para mantener la calidad de los datos, se hace necesaria la implementación de un programa permanente de auditorías a las redes de calidad de aire.

La tarea de vigilancia de calidad de aire ha sido traspasada en los últimos años desde las Secretarías Regionales del Ministerio (SEREMI) de Salud de cada Región a las SEREMIs de la Superintendencia del Medio Ambiente (SMA). Se ha avanzado en la publicación de los datos validados u oficiales de calidad de aire de las estaciones de monitoreo públicas, pero la información de las redes privadas, en su gran mayoría, permanece sin actualizar desde los años 2009 y 2010; es decir, luego de la puesta en marcha del Sistema de Información Nacional de Calidad de Aire (SINCA) disponible en <http://sinca.mma.gob.cl/>.

1.2 REGIÓN DE ARICA Y PARINACOTA

La Región está compuesta por las provincias de Arica y Parinacota, siendo la capital regional la ciudad de Arica. Fue segregada de la antigua Región de Tarapacá mediante la Ley N°20.175 de octubre de 2007, cuenta con una superficie de 16.873 km² y una población estimada por el INE al año 2017 de 226.068 habitantes, con una densidad poblacional de 13,4 hab/km².

Los procesos de carga y descarga de minerales a granel provenientes de Bolivia, han causado variados Impactos Ambientales en esta Región, siendo el principal problema, la contaminación por Plomo y Arsénico en poblaciones cercanas al cerro Chuño por acopio de mineral en ese sector (CENMA, 2006). El impacto de las emisiones de las compañías mineras de la Región en los cursos de agua y la instalación de una central termoeléctrica en cerro Chuño ha generado nuevos y serios conflictos ambientales en los últimos años.

En 2005 un estudio diagnóstico en Arica encargado por CONAMA (SETEC, 2006), constató niveles de SO₂, NO₂, O₃ cercanos a un 20% de las normas y concentraciones de BTEX cercanas al 50% de los valores guías recomendados; en tanto el nivel anual proyectado de MP10 fue superior al 80% de la norma. En Noviembre de 2013 el MMA instaló una estación en Arica para medición de MP2,5, la cual ha registrado concentraciones inferiores a las establecidas en la normas primarias de MP2,5 con valores similares entre 2014 y 2018, de acuerdo a lo presentado en la Figura 1.3 y en la Figura 1.4.

Figura 1.2: Sectores con monitoreo en la Región de Arica y Parinacota

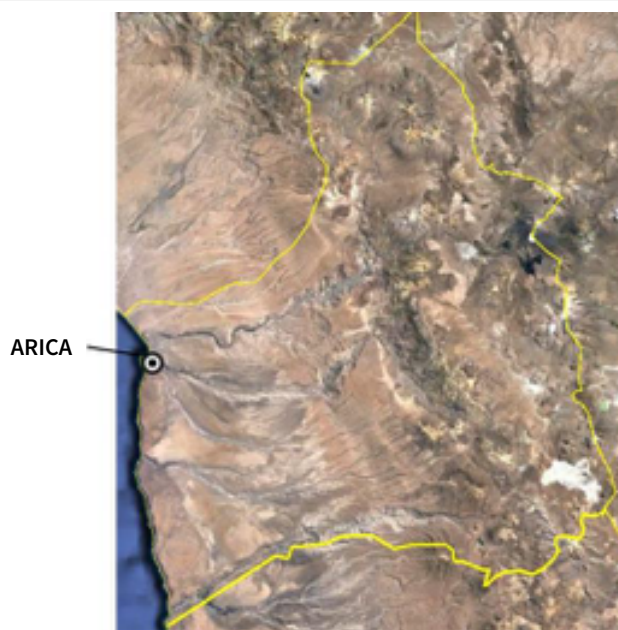


Figura 1.3 Cumplimiento de norma diaria (percentil 98) en la estación Arica

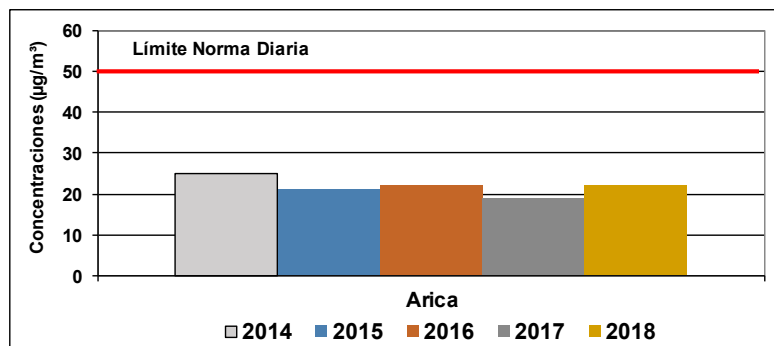
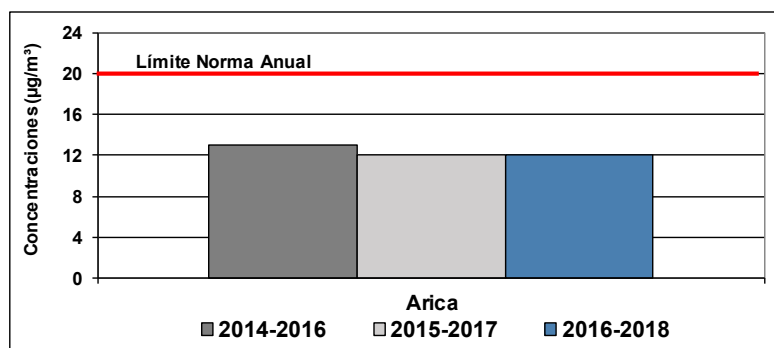


Figura 1.4 Cumplimiento de norma anual de MP2,5 en la estación Arica



De acuerdo a los registros de emisiones disponibles en el sitio www.retc.cl, el principal aporte para MP10, MP2,5, CO y NOx está asociado a las emisiones vehiculares y para SO₂ el mayor aporte corresponde a las fuentes fijas. Es muy probable que en la mayoría de las regiones esté subestimado el aporte de las fuentes fijas, el cual está calculado sobre la base de las declaraciones que se realizan, de acuerdo al D.S. N°138/2005 de MINSAL y por el D.S. N° 13/2011 del Ministerio del Medio Ambiente, que establece una norma de emisión para centrales termoeléctricas.

CUADRO N° 1.3: Estimación de emisiones para la Región de Arica y Parinacota

	MP10 Ton/año	MP2,5 Ton/año	CO Ton/año	SO ₂ Ton/año	NOx Ton/año
Fuentes Fijas	19	12	29	284	181
Emisiones vehículos en ruta	57	54	2262	2	783
Emisiones Quema de leña	10	10	175	0,1	2

FUENTE: <http://datosretc.mma.gob.cl/dataset/emisiones-al-aire>

1.3 REGIÓN DE TARAPACÁ

La Región de Tarapacá está conformada por las provincias de Iquique y Tamarugal. Cuenta con una superficie de 42.225 km² y una población estimada por el INE al año 2017 de 330.558 habitantes, con una densidad poblacional de 7,82 hab/km². Las principales fuentes emisoras de contaminantes atmosféricos, están asociadas a los procesos de extracción minera y generación eléctrica, además de las actividades urbanas propias de Iquique y Alto Hospicio. Las redes de monitoreo de contaminantes atmosféricos de la Región pertenecen a las empresas mineras Compañía Minera Cerro Colorado, Compañía Minera Doña Inés de Collahuasi y Compañía Minera Quebrada Blanca, y de generación eléctrica en el caso de Compañía Eléctrica CELTA.

En febrero de 2016, el MMA instaló una estación para medición de MP_{2,5} en Alto Hospicio. La Figura 1.5 ilustra los sectores con monitoreo.

Figura 1.5 Sectores con monitoreo en la Región de Tarapacá



En cuanto al cumplimiento de normas diaria y anual de MP_{2,5} de la Figura 1.6 y de la Figura 1.7, se desprende que en la estación Alto Hospicio las concentraciones están bajo las normas; alrededor de un 40% de la norma diaria y de un 50% de la norma anual de MP_{2,5} respectivamente.

Figura 1.6 Cumplimiento de norma diaria (percentil 98) en la estación Alto Hospicio

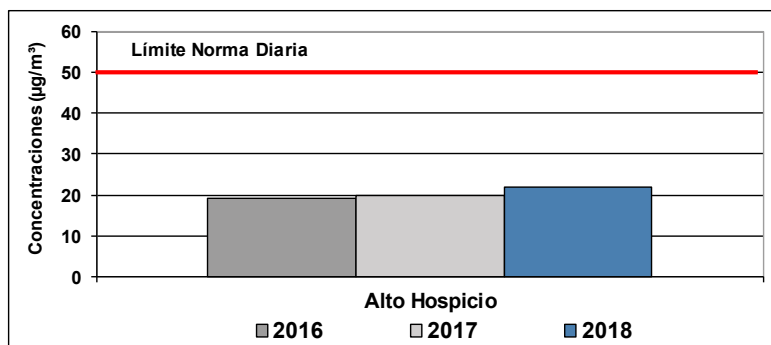
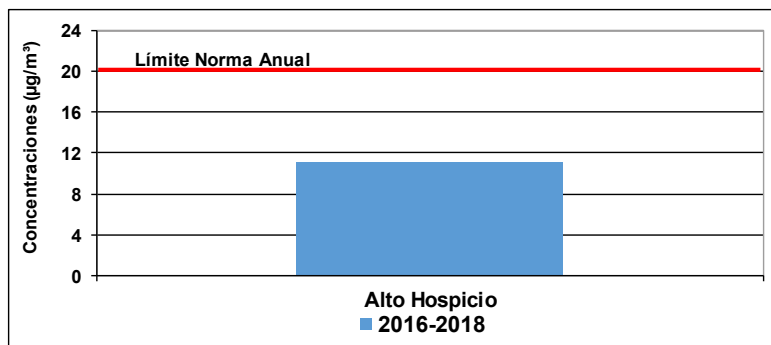


Figura 1.7 Cumplimiento de norma anual de MP_{2,5} en la estación Alto Hospicio



Por otro lado, la mayoría de las estaciones privadas están en áreas industriales en las cuales no se aplica la verificación de norma, ya que las estaciones no han sido declaradas con representatividad poblacional. Dada la naturaleza de las faenas, el principal impacto de las emisiones se observa con relación al material particulado respirable MP10.

De acuerdo a los registros de emisiones disponibles en el sitio www.retc.cl el principal aporte para MP2,5 y CO está asociado a las emisiones vehiculares, en tanto para MP10, SO₂ y NO_x el mayor aporte corresponde a las fuentes fijas, ver Cuadro N° 1.4.

Cuadro 1.4 Estimación de emisiones para la REGIÓN DE TARAPACÁ

	MP10 Ton/año	MP2,5 Ton/año	CO Ton/año	SO ₂ Ton/año	NO _x Ton/año
Fuentes Fijas	117	73	266	1059	1774
Emisiones vehículos en ruta	114	108	5275	3	1213
Emisiones Quema de leña	5	5	83	0,03	1

FUENTE: <http://datosretc.mma.gob.cl/dataset/emisiones-al-aire>

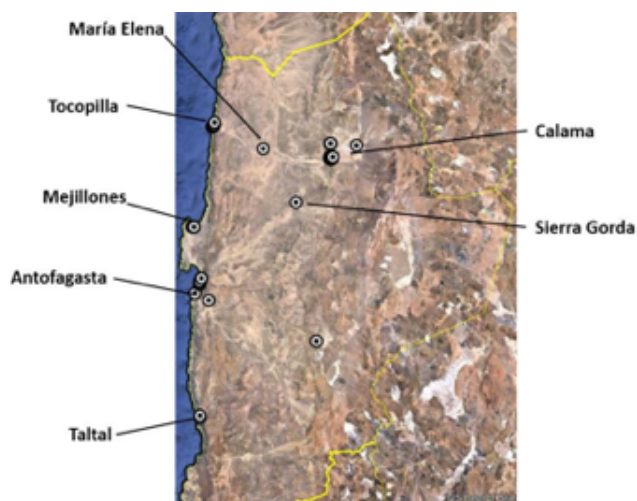
1.4 REGIÓN DE ANTOFAGASTA

La Región de Antofagasta está conformada por las provincias de Antofagasta, El Loa y Tocopilla. Cuenta con una superficie de 126.049 km² y una población estimada por el INE al año 2017 de 607.534 habitantes. con una densidad poblacional de 4.82 hab/km². Las principales fuentes emisoras de contaminantes atmosféricos están asociadas a los procesos de extracción minera, fundiciones de cobre (Chuquicamata y Altonorte) y a la generación eléctrica (centrales termoeléctricas en Tocopilla, Mejillones y Taltal), siendo el Material Particulado (MP10 y MP2,5), SO₂ y NO_x los principales contaminantes emitidos.

En la zona existen 4 áreas declaradas saturadas por MP10 (María Elena, Chuquicamata, Calama y Tocopilla) y una zona declarada latente por SO₂ (Chuquicamata). Sin embargo, para Calama aún no se elaborado un plan de descontaminación atmosférica. Los promedios anuales de MP10 registrados durante los últimos años superan el nivel fijado en la norma anual en estaciones de sectores como La Negra y Sierra Gorda.

El último informe de calidad de aire de la Región de Antofagasta (CENMA, 2014), establece que la Región cuenta con 21 redes de monitoreo que corresponden a 41 estaciones. El principal contaminante monitoreado es MP10, seguido de SO₂. La información presentada fue recopilada desde SINCA, del Informe de Calidad de Aire de la Región de Antofagasta 2014 elaborado por CENMA y de los informes de la SMA disponibles en el Sistema Nacional de Información de Fiscalización Ambiental (SNIFA). La Figura 1.8 ilustra los principales sectores en los cuales están ubicadas las estaciones de monitoreo:

Figura 1.8 Sectores con monitoreo de calidad de aire en la Región de Antofagasta



De acuerdo con los registros de emisiones disponibles en el sitio www.retc.cl, el principal aporte para MP10, MP2,5, SO₂ y NO_x está asociado con las fuentes fijas, en tanto para CO con las emisiones de vehículos. Ver Cuadro N° 1.5.

Cuadro N° 1.5 Estimación de emisiones para la REGIÓN DE ANTOFAGASTA					
	MP10 Ton/año	MP2,5 Ton/año	CO Ton/año	SO ₂ Ton/año	NO _x Ton/año
Fuentes Fijas	3135	2357	5043	114790	18156
Emisiones vehículos en ruta	110	101	6010	6	1867
Emisiones Quema de leña	4	4	71	0,03	0,9

FUENTE: <http://datosretc.mma.gob.cl/dataset/emisiones-al-aire>

Considerando la gran cantidad de estaciones en la Región y las distintas problemáticas asociadas a cada una de las zonas, se presenta un resumen del cumplimiento de normas primarias de calidad de aire para las comunas que cuentan con monitoreo.

1.4.1 Calidad de aire en la Comuna de Antofagasta

La comuna de Antofagasta tiene una población de 361.534 habitantes estimada por el INE al año 2017, con una densidad poblacional de 11,79 hab/km². En la ciudad de Antofagasta las principales fuentes emisoras corresponden a la Fundición Altonorte y a la planta cementera Inacesa en el sector La Negra. Además, se realiza monitoreo fuera de la ciudad asociado a los proyectos mineros en el sector Coloso, El Peñón, sector Minera Zaldívar y sector Minera Rayrock. La información disponible permite una comparación entre las concentraciones del año 2000 y 2013.

De acuerdo a lo presentado desde la Figura 1.9 hasta la Figura 1.12, desde 2008 no se supera la norma diaria y tampoco la norma anual de MP10 o MP2,5. La estación Antofagasta del MMA es la que tiene información más actualizada, registrando en 2018 un percentil 98 de MP2,5 y MP10 de 19 µg/m³ y 51 µg/m³N respectivamente. Además, en la estación Antofagasta el promedio trianual 2016-2018 de MP2,5 es 9 µg/m³ y el de MP10 es 34 µg/m³N.

Figura 1.9 Cumplimiento de norma anual de MP10 en Sector Coloso y Coviefi, Antofagasta

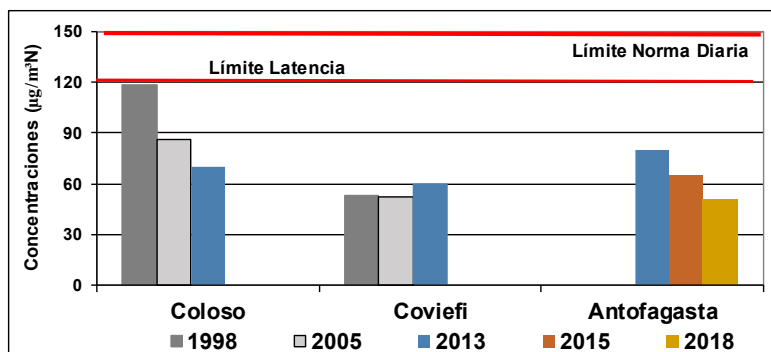


Figura 1.10 Cumplimiento de norma diaria (percentil 98) de MP10 en Sector Coloso y Coviefi

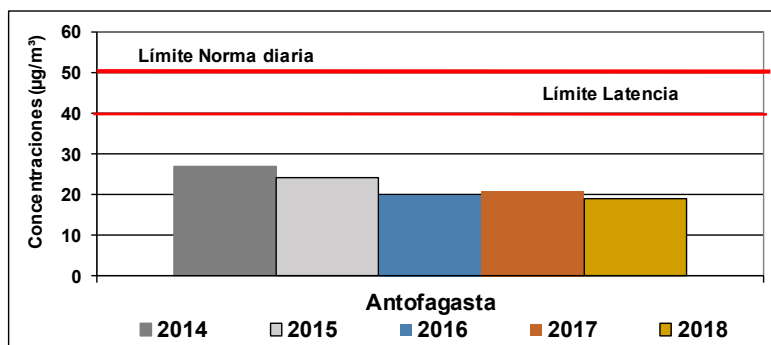


Figura 1.11 Cumplimiento de Norma diaria de MP2,5 en estación Antofagasta

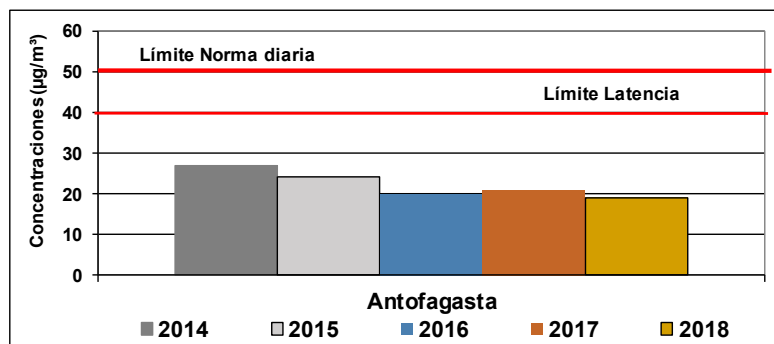
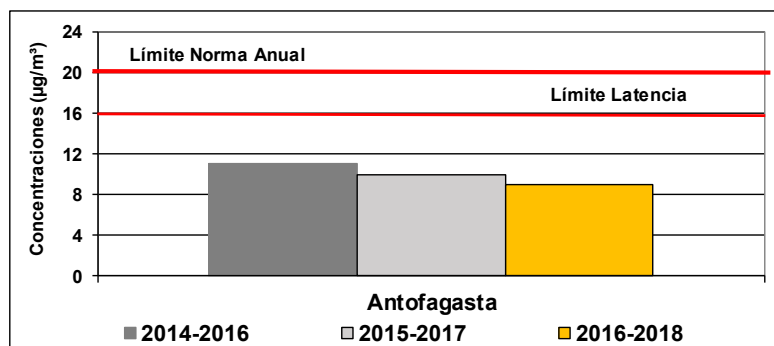


Figura 1.12 Cumplimiento de Norma anual de MP2,5 en estación Antofagasta



De acuerdo a la Figura 1.13 y a la Figura 1.14, las normas diaria y anual de MP10 son superadas en la estación Inacesa en el sector de la Negra por su cercanía a la planta cementera. Corresponde a la estación con concentraciones más altas, alcanzando un percentil 98 de 235 µg/m³N en el año 2013, último año con información disponible. Se observa un aumento de los niveles de MP10 en las otras estaciones de la zona (La Negra y Sur) respecto al 2000, superando la norma anual en el año 2013.

Figura 1.13 Cumplimiento de norma diaria (percentil 98) de MP10 en Sector La Negra

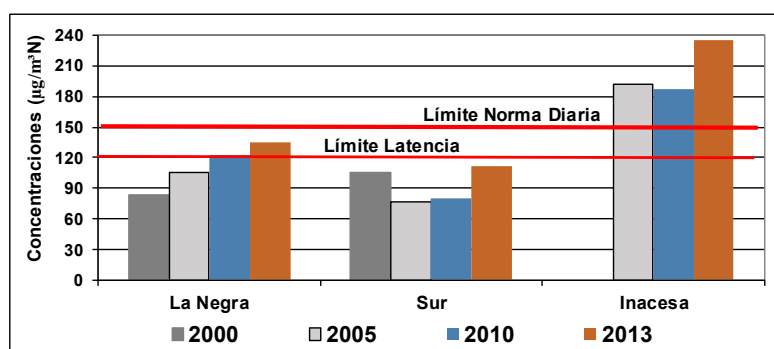
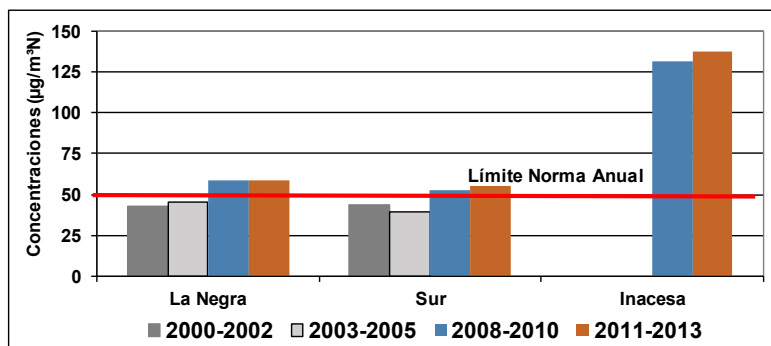
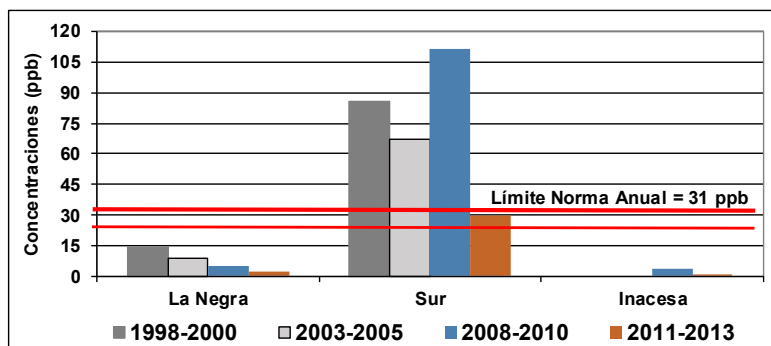


Figura 1.14 Cumplimiento de norma anual de MP10 en Sector La Negra



Para el SO₂, a diferencia del MP10, de acuerdo con la Figura 1.15, se aprecia una marcada disminución de las concentraciones en las estaciones La Negra y Sur cercanas a la fundición Altonorte. En 2013 las concentraciones trianuales en la estación Sur son menores a la norma anual, quedando en el rango de latencia (sobre 80% de la norma). La Negra e Inacesa presentan en 2013 promedios trianuales menores al 10% de la norma; no se encontró información disponible posterior al 2013.

Figura 1.15 Cumplimiento de norma anual de SO₂ en Sector La Negra - Antofagasta

En el resto de las estaciones de la Comuna de Antofagasta las concentraciones de MP10 y SO₂, de acuerdo al informe de CENMA en 2014, presentan niveles significativamente menores a las normas. En el sector Coviefi las concentraciones de SO₂ son menores al 10% de los valores normados.

1.4.2 Calidad de aire en la Comuna de Calama

La comuna de Calama durante los últimos años ha experimentado un fuerte crecimiento poblacional, producto del traslado de la población de Chuquicamata a Calama y de la llegada de inmigrantes, alcanzando a 165.731 habitantes, según estimación de INE para el año 2017 con una densidad poblacional de 10,63 hab/km². Se realiza monitoreo de calidad de aire (MP10, MP2,5 y SO₂) en la ciudad de Calama, en Chuquicamata, Chiu-Chiu y otras localidades.

La ciudad de Calama fue declarada Zona Saturada por norma anual de MP10, el 30 de mayo de 2009 (D.S. N° 57/2009 del Ministerio Secretaría General de la Presidencia), pero a la fecha no se ha elaborado un plan de descontaminación atmosférica.

En la ciudad de Calama, las primeras estaciones fueron ubicadas en Villa Ayquina y Villa Caspana, pero por pérdida de la representatividad poblacional del sector fueron reubicadas en otras zonas de la ciudad (SML y Hospital del Cobre). Además, un plan de gestión de calidad de aire incorporó las estaciones Centro, Colegio Pedro Vergara Keller (PVK) y Club Deportivo 23 de marzo en el año 2012. Por este motivo, la dispar información disponible para las estaciones dificulta una comparación de las concentraciones entre los años contemplados en el presente estudio.

La Figura 1.16 muestra que la norma diaria se cumple en todas las estaciones para los años considerados en el análisis e incluso las

concentraciones han disminuido en los últimos años. En cambio, la Figura 1.17 muestra que para el trienio 2016-2018 las estaciones PVK y Club Deportivo 23 de marzo_ están en el rango de latencia y las estaciones Hospital El Cobre y Centro están bajo ese nivel.

Figura 1.16 Cumplimiento de norma diaria (percentil 98) de MP10 en Calama

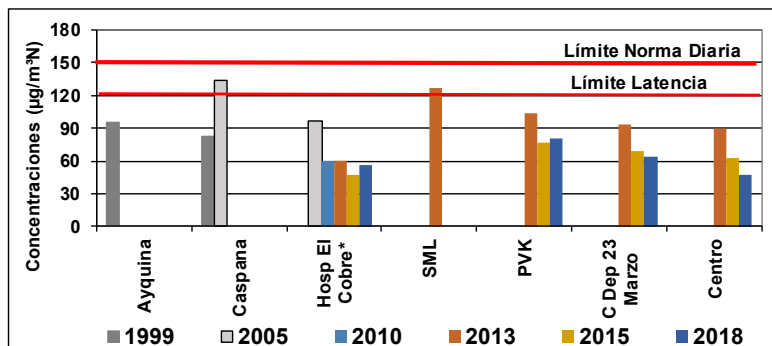
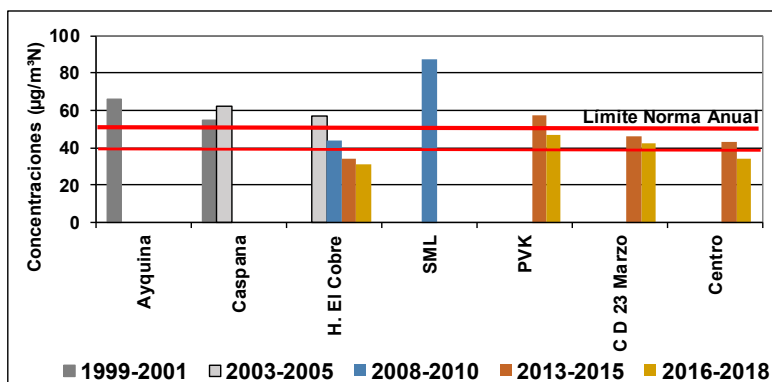


Figura 1.17 Cumplimiento de norma anual de MP10 en Calama



Desde 2013 se reportan concentraciones de MP2,5 en las estaciones PVK, Club deportivo 23 de marzo y Centro, constatándose que las concentraciones son bajas, cercanas al 50% de la norma diaria y de la norma anual de MP2,5. La Figura 1.18 y la Figura 1.19 presentan el cumplimiento de normas diaria y anual respectivamente en las estaciones con mediciones de MP2,5 en Calama.

Figura 1.18 Cumplimiento de norma diaria de MP2,5 en Calama

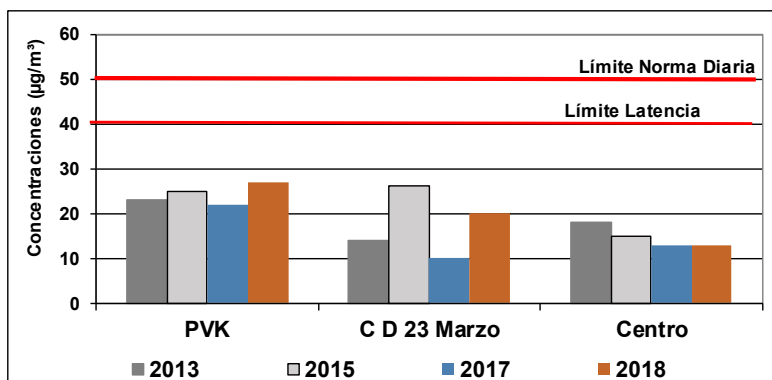
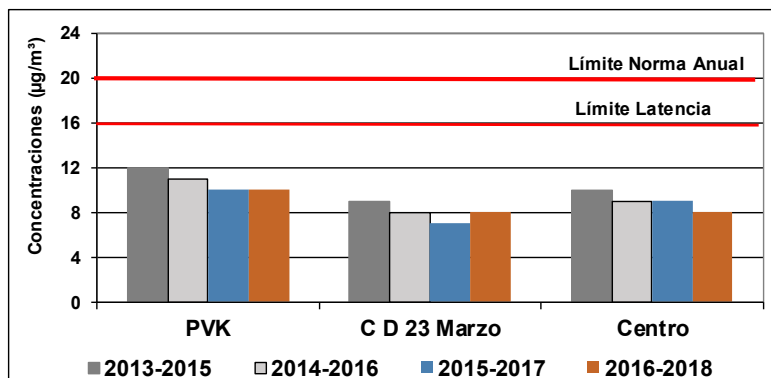


Figura 1.19 Cumplimiento de norma anual de MP2,5 en Calama



Las concentraciones de SO₂ registradas en Calama son significativamente inferiores a los valores normados, incluso menores a un 5% de la norma anual.

1.4.3 Calidad de aire en Chuquicamata

Las faenas mineras desarrolladas en Chuquicamata y su entorno, y la fundición de concentrados de cobre, producen importantes emisiones de SO₂ y material particulado. La zona está regulada por un Plan de Descontaminación, que fija emisiones máximas a la atmósfera de material particulado, arsénico y SO₂.

En el año 1991 la zona fue declarada saturada por SO₂ y PM₁₀ según el D.S. N° 185 del Ministerio de Minería, estableciendo un plan de descontaminación en el año 1993, aprobado por D.S. N° 132 del mismo ministerio (reformulado en el año 2001 con D.S. N°206 del MINSEGPRES). Debido al mejoramiento de la calidad de aire, en abril de 2005 se declaró zona latente por SO₂ mediante D.S. 55 de MINSEGPRESS. En mayo de 2008, la resolución 1572 de la autoridad sanitaria, estableció que las estaciones San José y Aukahuasi dejaban de tener representatividad poblacional por el avance de las faenas mineras y traslado de la población a Calama. A fines del 2008 el lugar de ubicación de la estación San José quedó tapado por los botaderos de estériles. El avance de las faenas mineras ha significado un aumento de las concentraciones de MP₁₀ en Aukahuasi, superándose en 2013 la norma diaria y anual en esta estación, de acuerdo a lo presentado en la Figura 1.20 y la Figura 1.21. Las concentraciones para Aukahuasi están disponibles hasta el año 2013.

Figura 1.20 Cumplimiento de norma diaria (percentil 98) de MP10 en Chuquicamata

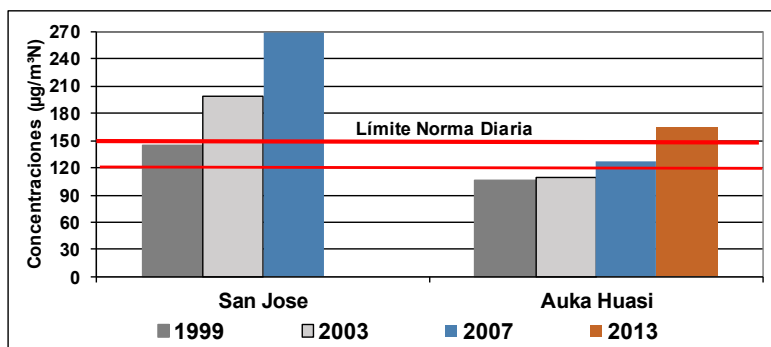
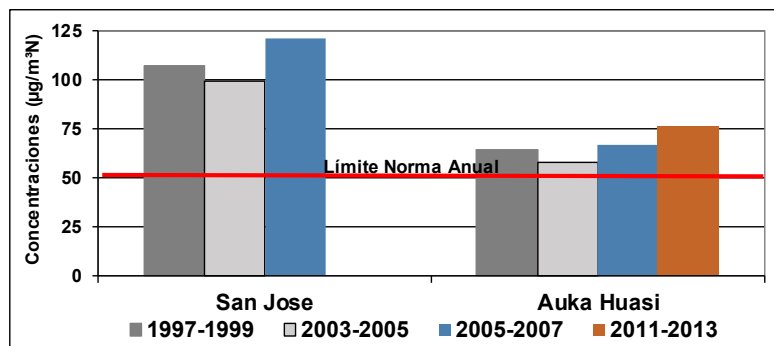
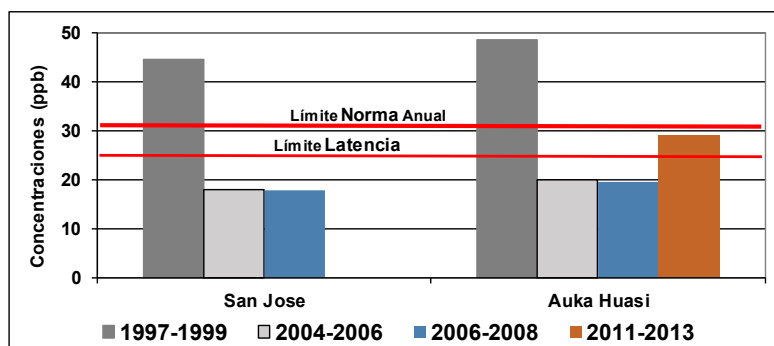


Figura 1.21 Cumplimiento de norma anual de MP10 en Chuquicamata



De acuerdo a lo ilustrado en la Figura 1.22, a pesar de la pérdida de representación poblacional de la estación Aukahuasi en el año 2008, durante el año 2013 se cumple la norma anual de SO_2 , pero se alcanza el límite de latencia.

Figura 1.22 Cumplimiento de norma anual de SO_2 Chuquicamata

1.4.4 Calidad de aire en María Elena y Pedro de Valdivia

La comuna de María Elena tiene una población de 6.457 habitantes estimada por el INE al año 2017, con una densidad poblacional de 0,52 hab/km². En el año 1993 mediante el D.S. 1.162 del Ministerio de Salud se declaró zona saturada por material particulado respirable (MP10) a las localidades de María Elena y Pedro de Valdivia. En 1998 el D.S. 164 del MINSEGPRES estableció un plan de descontaminación atmosférica (PDA) para esas localidades. El plan fue modificado en 2004 mediante el D.S. 37 de MINSEGPRES, en el que se estableció una meta de emisión de 900 ton/año desde abril de 2004 y 180 ton/año desde abril de 2006.

Al monitoreo de MP10 realizado en las estaciones Hospital e Iglesia, se sumó la estación Sur en enero de 2009. No hay información disponible en SINCA que permita complementar el informe de CENMA del año 2014, luego el análisis que se efectúa a continuación llega hasta el año 2013.

En la Figura 1.23 y en la Figura 1.24, se muestra que las concentraciones diarias y anuales de MP10 en 2013, son significativamente inferiores respecto a las registradas en el año 2000, menores a la norma diaria y muy cercana al cumplimiento de la norma anual. Las menores concentraciones de los últimos años, además de asociarse a mejoras en el proceso productivo, tienen relación con la detención temporal de la faena minera y plantas asociadas a la operación minera de El Toco desde febrero de 2010.

Figura 1.23 Cumplimiento de norma diaria (percentil 98) de MP10, sector María Elena.

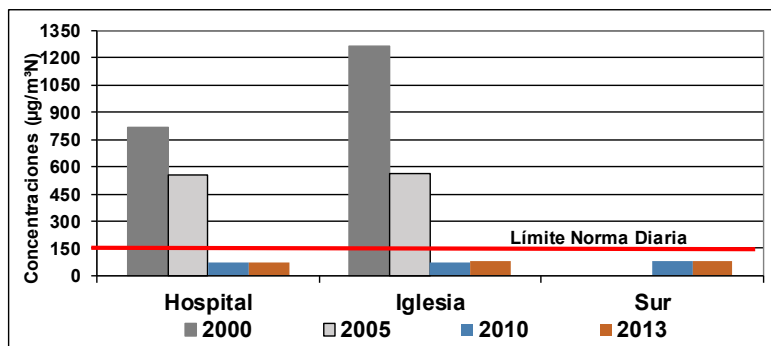
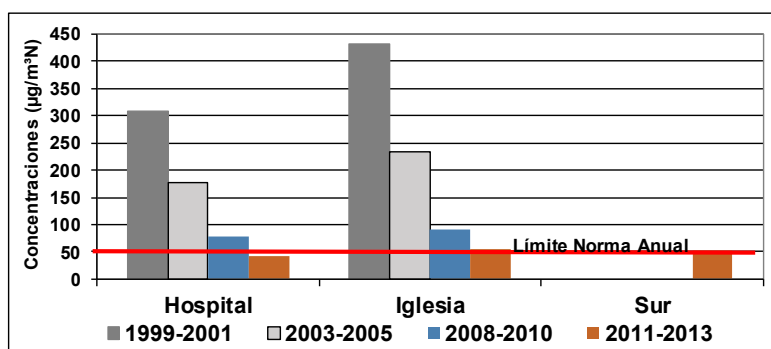


Figura 1.24 Cumplimiento de norma anual de MP10 en sector María Elena



1.4.5 Calidad de aire en la Comuna de Tocopilla

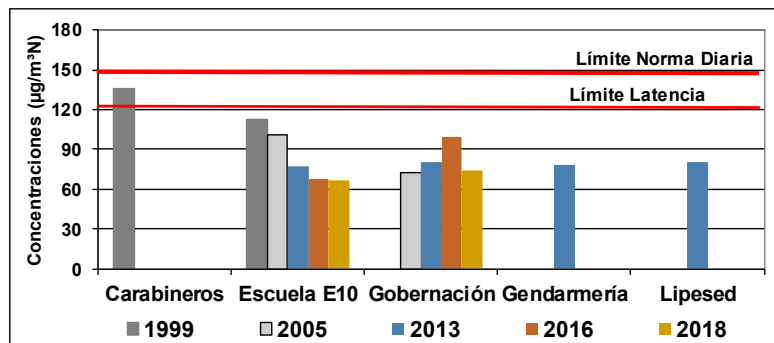
La comuna de Tocopilla tiene una población de 25.186 habitantes estimada, por el INE al año 2017, con una densidad poblacional de 6,25 hab/km². Las principales fuentes emisoras en Tocopilla corresponden a las centrales termoeléctricas (Electroandina y Norgener), tratamiento de minerales oxidados (Lipesed), tratamiento de agroquímicos (SQM) y el polvo resuspendido. (DICTUC, 2006; Sanhueza, 2008)

Tocopilla fue declarada Zona Saturada por concentración anual de MP10 en octubre de 2007 (D.S. N° 50 de MINSEGPRES). En el año 2010 mediante el D.S. N°79/2010 de MINSEGPRES se estableció un Plan de Descontaminación (PDA).

A fines de los 90s, la medición de la calidad de aire (MP10 y SO₂) se realizaba en dos estaciones (Escuela E10 y Estación Gobernación). Posteriormente, como una de las medidas del plan de descontaminación, en el año 2011 se realizó un rediseño de la red y de las variables a monitorear, optimizando las estaciones E10 y Gobernación e incorporando las estaciones Lipesed y Gendarmería.

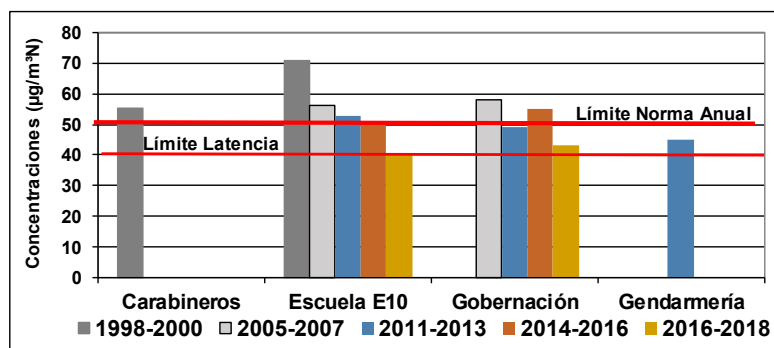
Como consecuencia de las medidas insertas en el PDA, tanto las concentraciones diarias como anuales de MP10 muestran una disminución al usar la estación Escuela E10 para efecto de comparación (ver Figura 1.25 y Figura 1.26). Con excepción de los registros de 1999 en la estación Carabineros, en el resto de las estaciones se ha constatado un percentil 98 de las concentraciones diarias, menor al límite de latencia, con valores inferiores a 80 µg/m³N en 2018.

Figura 1.25 Cumplimiento de norma diaria (percentil 98) de MP10 en Tocopilla.



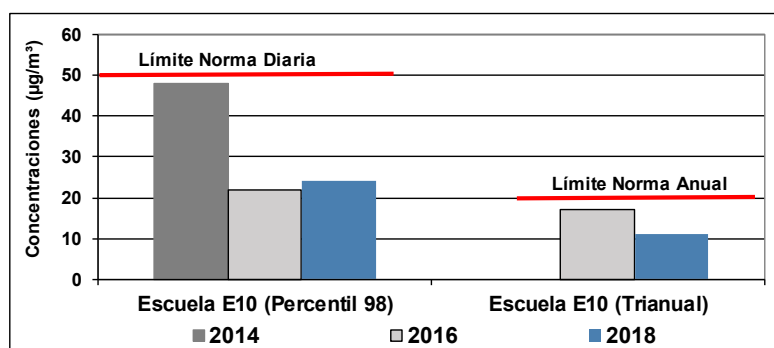
Se observa en la Figura 1.26, que para el trienio 2016-2018 las estaciones Escuela E10 y Gobernación están en el rango de latencia por norma anual de MP10 con valores inferiores $43 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$.

Figura 1.26 Cumplimiento de norma anual de MP10 en Tocopilla



En la Figura 1.27, se aprecia una disminución del percentil 98 y del promedio trianual de MP2,5, registrando valores bajo las normas en el año 2018 con un percentil 98 de $24 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ y un promedio trianual de $11 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$.

Figura 1.27 Cumplimiento de normas de MP2,5 en Tocopilla



Para la estación E10, en el informe de cumplimiento de normas del año 2013 se verificó que las concentraciones de NO₂, O₃ y CO eran significativamente bajas con relación a las normas. En cambio, el SO₂ estaba en rango de latencia por la norma diaria y anual, de acuerdo con lo presentado en la Figura 1.28. La información sin validar disponible en SINCA muestra un marcado descenso de las concentraciones de SO₂ durante los últimos años, hasta valores cercanos al 10% de la norma anual lo cual permite proyectar cumplimiento para SO₂ en el año 2018, según se muestra en la Figura 1.29.

Figura 1.28 Cumplimientos de normas para SO₂, NO₂, CO y O₃ en Tocopilla

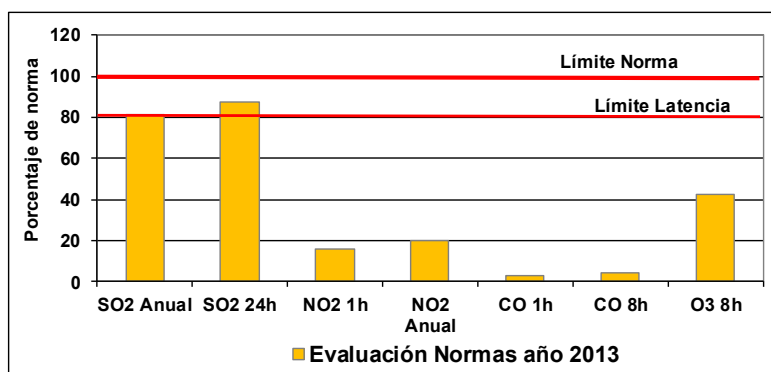
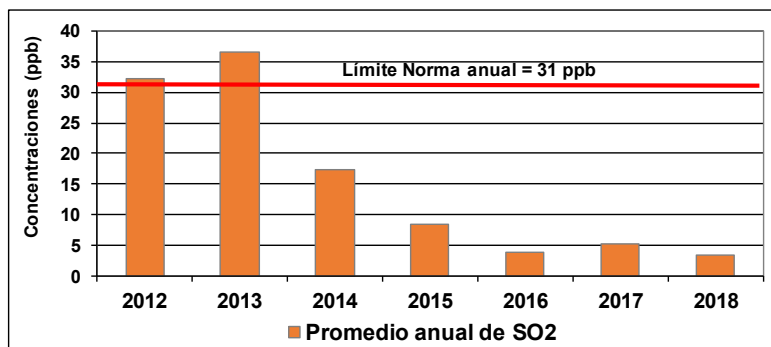


Figura 1.29 Promedios anuales de SO₂ en Tocopilla, 2012-2018



1.4.6 Calidad de aire en Mejillones

La comuna de Mejillones tiene una población de 13.467 habitantes, estimada por el INE al año 2017, con una densidad poblacional de 3,77 hab/km². En Mejillones existe un sector industrial en el cual se han instalado centrales termoeléctricas (a gas natural, petróleo y carbón), una planta de amoníaco de ENAEX, plantas de procesamiento de pescado y un Terminal portuario. La instalación de fuentes emisoras en el sector industrial está favorecida por el régimen de vientos que dirige las emisiones desde el sector industrial hacia el mar, alejándolas de la zona poblada.

El aumento de fuentes emisoras ha implicado un incremento del número de estaciones de monitoreo, transformando a Mejillones en una de las zonas con mayor densidad de estaciones de monitoreo por habitante. De dos estaciones iniciales (Bomberos y Ferrocarril) se ha aumentado a 8 estaciones, en todas ellas las concentraciones de MP10 son inferiores a las normas primarias. La comparación para las estaciones Ferrocarril y Bomberos, ilustrada en la Figura 1.30 y en la Figura 1.31, muestra un aumento del orden de un 100% del percentil 98 de las concentraciones diarias de MP10 y un leve aumento del promedio anual al comparar el año 2013 con el año 2000, posteriormente las concentraciones descienden en la estación Bomberos, la única que reporta datos actualizados de MP10, hasta un percentil 98 de 36 µg/m³N y promedio trianual de 19 µg/m³N en la evaluación del año 2018.

Figura 1.30 Cumplimiento de norma diaria (percentil 98) de MP10 en Mejillones

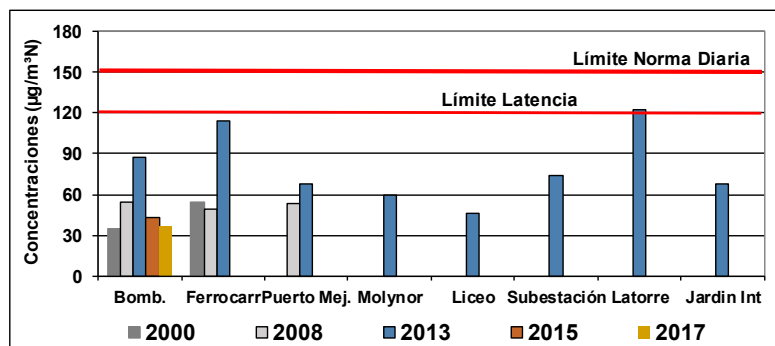
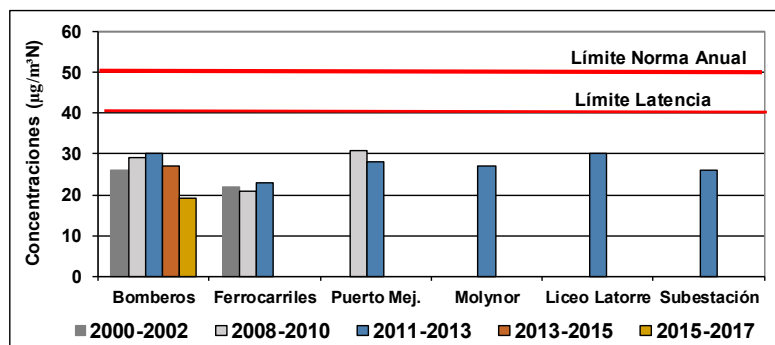


Figura 1.31 Cumplimiento de norma anual de MP10 en Mejillones



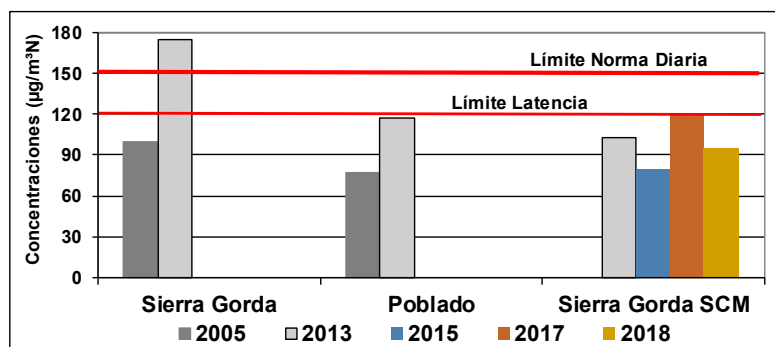
Por otro lado, las concentraciones de SO_2 , O_3 , NO_2 y CO medidas en la zona poblada de Mejillones son muy inferiores a los valores normados, alcanzando alrededor de un 15% de la norma.

1.4.7 Calidad de aire en Comuna de Sierra Gorda

La comuna de Sierra Gorda tiene una población de 10.186 habitantes estimada por el INE al año 2017, con una densidad poblacional de 0,79 hab/km². En la zona poblada de Sierra Gorda se realiza monitoreo en 3 estaciones muy cercanas entre ellas (distancias del orden de 500m).

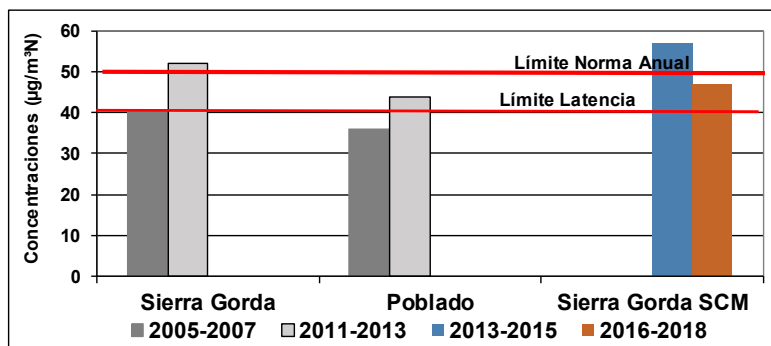
La información disponible, de acuerdo a la Figura 1.32, muestra un aumento del percentil 98 de las concentraciones diarias de MP10 en las estaciones Sierra Gorda y Poblado entre 2005 y 2013, incluso en la estación Sierra Gorda se supera la norma diaria el 2013. Por otro lado, en la estación Sierra Gorda SCM el percentil 98 se ha mantenido bajo el límite de latencia por norma diaria registrando un valor de 95 µg/m³N en 2018.

Figura 1.32 Cumplimiento de norma diaria (percentil 98) de MP10 en Sierra Gorda



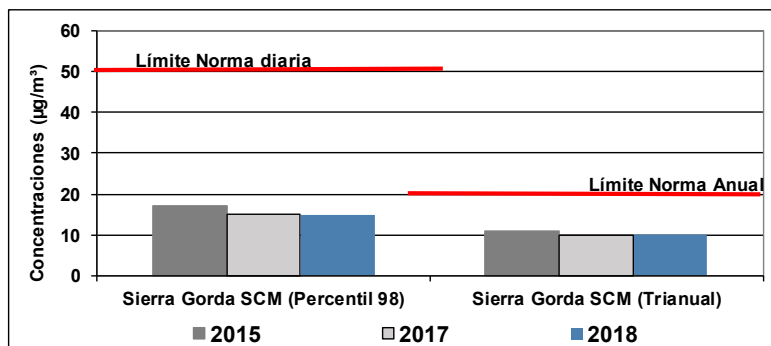
La Figura 1.33 muestra que también hay un aumento de los promedios anuales de MP10, incluso llegando a superar la norma anual el año 2013 en la estación Sierra Gorda y el año 2015 en la estación Sierra Gorda SCM. El aumento de las concentraciones de MP10 podría estar relacionado con un aumento de las emisiones por mayor actividad minera local y con una mayor circulación de vehículos por la zona poblada, asociada a la actividad minera. En la estación Sierra Gorda SCM hay una disminución en el promedio trianual en el período 2016-2018 hasta $47 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$, en nivel de latencia lo cual puede ser producto de medidas de control de emisiones.

Figura 1.33 Cumplimiento de norma anual de MP10 en Sierra Gorda



La medición de material particulado fino (MP2,5) en la estación Sierra Gorda SCM presentada en la Figura 1.34 muestra poca variabilidad entre 2015 y 2018 con concentraciones bastante menores a la norma diaria y anual, registrando para el año 2018 un percentil 98 de $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y un promedio trianual de $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Figura 1.34 Cumplimiento de normas de MP2,5 en Sierra Gorda



1.4.8 Calidad de aire en Comuna de Taltal

La comuna de Taltal tiene una población de 13.317 habitantes, estimada por el INE al año 2017, con una densidad poblacional de $0,65 \text{ hab}/\text{km}^2$. En la localidad de Paposo, a 56 Km al Norte de Taltal se encuentra una central termoeléctrica a gas natural de Endesa. Desde el año 2000 se monitorea MP10, NOx y O3 en dos estaciones: Paposo y Punto de Máximo Impacto.

La información disponible corresponde al Informe de calidad de aire elaborado por CENMA en el año 2014, donde se verificó concentraciones inferiores al nivel de latencia por MP10 tanto de la norma diaria como anual, de acuerdo con lo presentado en la Figura 1.35 y Figura 1.36.

Por otro lado, el reporte de CENMA de 2014 verifica que las concentraciones de O3 en Paposo no han registrado variaciones importantes entre el 2004 y 2013, con niveles cercanos al 40% de la norma de 8h de O3.

Figura 1.35 Cumplimiento de norma diaria (percentil 98) de MP10 en Paposo

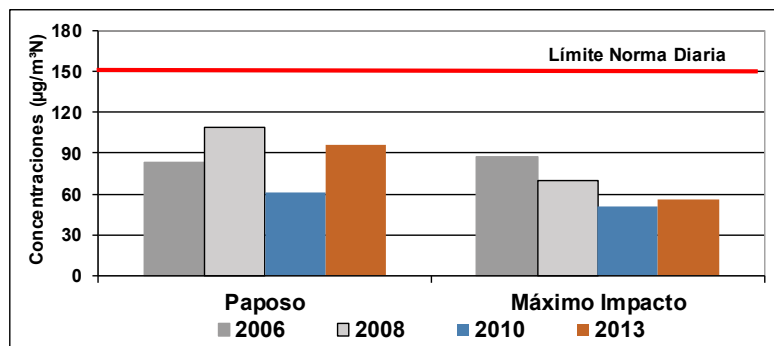
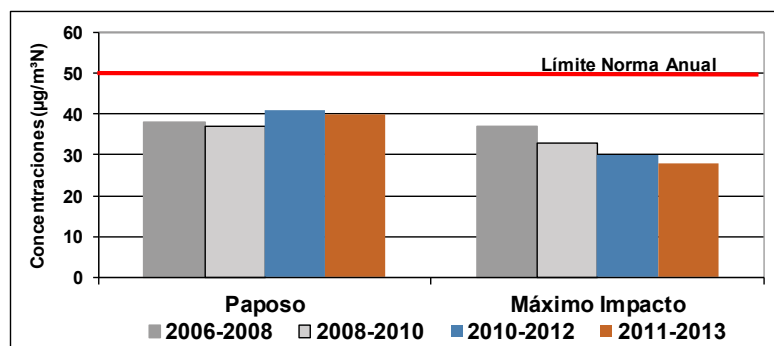


Figura 1.36 Cumplimiento de norma anual de MP10 en Paposo



1.5 REGIÓN DE ATACAMA

La Región de Atacama está conformada por las provincias de Chañaral, Copiapó y Huasco. Cuenta con una superficie de 75.176 km² y una población estimada por el INE al año 2017 de 286.168 habitantes, con una densidad poblacional de 3,78 hab/km². En la III Región destacan 3 zonas con problemas de contaminación atmosférica, dos de ellas en el área de influencia de fundiciones de cobre (Paipote y Potrerillos) y la tercera (Huasco) afectada por un complejo termoeléctrico y una planta de hierro. La figura siguiente ilustra los sectores con monitoreo de calidad de aire.

Figura 1.37 Sectores con monitoreo de calidad de aire en la Región de Atacama



La información de calidad de aire no está disponible para todas las estaciones de la Región o actualizada en SINCA, por lo cual se complementó el análisis con datos obtenidos de los Informes técnicos de Fiscalización de la SMA para las fundiciones disponibles en SNIFA y el Estudio “Antecedentes para Elaborar el Plan de Prevención de la Localidad de Huasco”.

En 1997, el D.S. 18 de MINSEGPRES declaró el área de la Fundición Potrerillos zona saturada por SO₂ y material particulado. En el año 1999, el D.S. N° 179 de MINSEGPRES estableció un Plan de Descontaminación (PDA) para la zona circundante a la Fundición de Potrerillos, exigiendo el cumplimiento de las normas de calidad de aire para SO₂ y MP10 a partir de 2003.

Considerando que el cumplimiento de las normas en Potrerillos no era viable, se trasladó la población hacia El Salvador y se habilitó un campamento (CAP) para los trabajadores en un lugar cercano, pero con menor impacto de las emisiones de SO₂, y en el cual se instaló una estación de monitoreo.

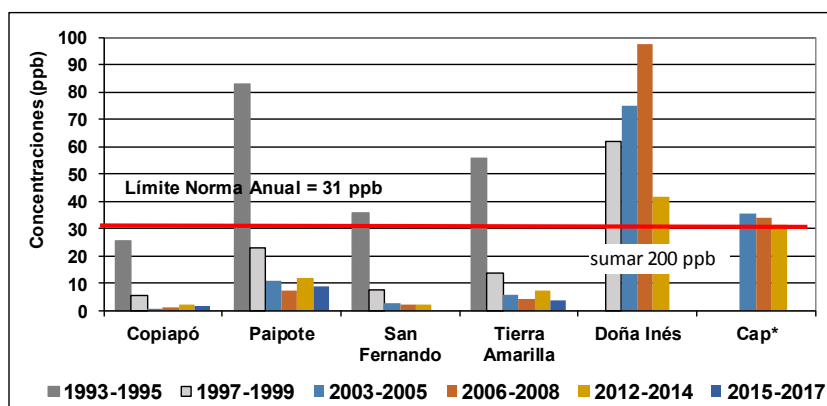
Paipote y Potrerillos están localizados en la comuna de Diego de Almagro que tiene una población de 13.925 habitantes estimada por el INE al año 2017, con una densidad poblacional de 0,73 hab/km².

De acuerdo a la Figura 1.38, en la estación Doña Inés, a pesar de una reducción en el promedio trianual de SO₂ de 242 ppb para el año 2014, se supera ampliamente el valor de la norma anual de 31 ppb. La zona de emplazamiento de la estación debe considerarse de uso industrial, es decir la estación no tiene representación poblacional. También se superan las normas diaria y anual de MP10 en esta estación, situación ilustrada en la Figura 1.39 y la Figura 1.40.

La comuna de Tierra Amarilla tiene una población de 14.019 habitantes estimada por el INE al año 2017, con una densidad poblacional de 1,25 hab/km². La comuna de Copiapó tiene una población de 153.937 habitantes estimada por el INE al año 2017, con una densidad poblacional de 8,56 hab/km².

El área de la Fundición Hernán Videla Lira fue declarada zona saturada por Anhídrido Sulfuroso (SO₂) en 1993, mediante el D.S. N° 255 del Ministerio de Agricultura. En 1994, mediante el D.S. N°180 de MINSEGPRES se aprueba un Plan de Descontaminación para la Fundición que exige cumplir con las normas de calidad de aire para SO₂ a más tardar el 31 de diciembre de 1999. Las medidas del PDA han permitido una reducción de emisiones y disminución de las concentraciones de SO₂ en todas las estaciones de la red a niveles bajo las normas desde el año 1997, siendo más marcada esta reducción en las estaciones Paipote y Tierra Amarilla. En las estaciones Copiapó, Los Volcanes y Pabellón las concentraciones anuales son inferiores al 10% de la norma de SO₂, situación ilustrada en la Figura 1.38.

Figura 1.38 Cumplimiento de norma anual de SO₂, en estaciones de Paipote y Potrerillos



La implementación de los planes de descontaminación orientados principalmente al control de las emisiones de SO₂, no ha tenido efectos en la reducción las concentraciones de MP10, lo cual queda demostrado en la Figura 1.40 que muestra para el período 2012-2014 un aumento de las concentraciones anuales en todas las estaciones respecto a los niveles del período 2001-2003, incluso superando la norma anual de MP10 en las estaciones de Paipote, San Fernando y Tierra Amarilla. Fuera de la zona industrial, es la estación ubicada en Paipote la que registra las mayores concentraciones superando la norma diaria y anual de MP10, registrando en la evaluación del año 2017 un percentil 98 de 180 µg/m³N y promedio trianual de 67 µg/m³N.

Figura 1.39 Cumplimiento de norma diaria de MP10, en estaciones de Paipote y Potrerillos

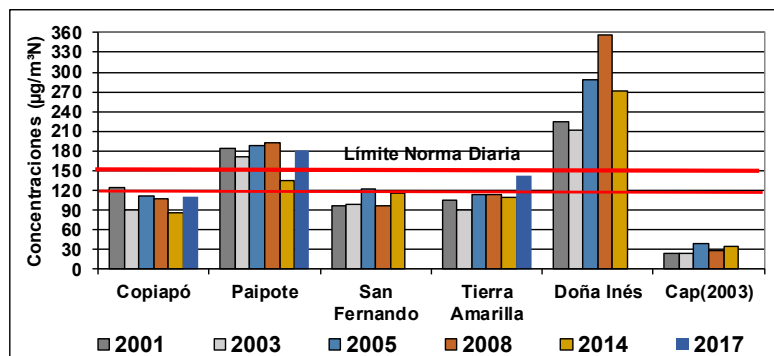
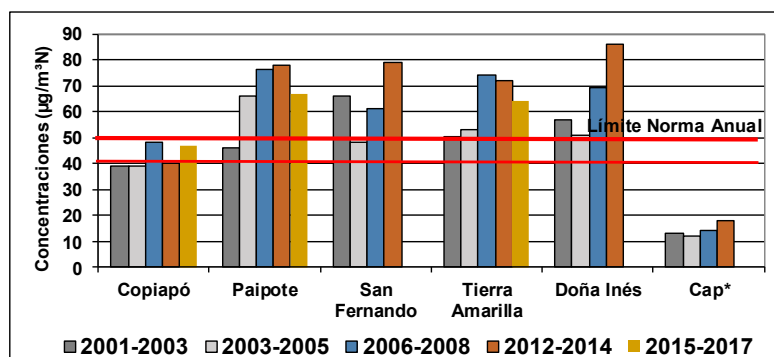


Figura 1.40 Cumplimiento de norma anual de MP10, en estaciones de Paipote y Potrerillos



La comuna de Huasco tiene una población de 10.149 habitantes estimada por el INE al año 2017, con una densidad poblacional de 6,34 hab/km². En Huasco se han realizado varios estudios de diagnóstico de la calidad del aire y medidas de gestión de la calidad del aire desde el año 2000, fecha en la que los promedios anuales superaban el límite de la norma anual en las estaciones Escuela (EME M) y Bomberos (EME F), según se ilustra en la Figura 1.41 y en Figura 1.42. Debido a esto, el 23 de mayo de 2012 mediante el D.S. N°40 del MMA se declaró Zona Latente por norma anual de MP10 a la localidad de Huasco y su zona circundante. Posteriormente, el 23 de noviembre de 2016 se promulga el Plan de Prevención de Contaminación Atmosférica para la localidad de Huasco y su zona circundante, entrando en vigencia a partir del 30 de agosto de 2017. De acuerdo a la Figura 1.41 y la Figura 1.42 producto de las medidas establecidas en el Plan, las concentraciones de MP10 en las estaciones de Huasco están bajo las normas diarias y anual de MP10, incluso bajo el nivel de latencia.

Figura 1.41 Cumplimiento de norma diaria de MP10, en estaciones de Huasco y Copiapó

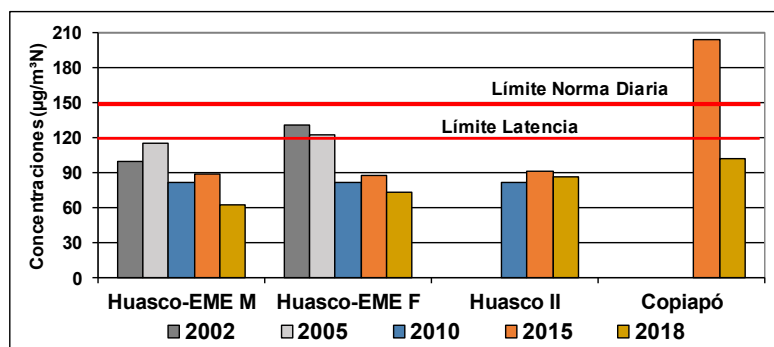
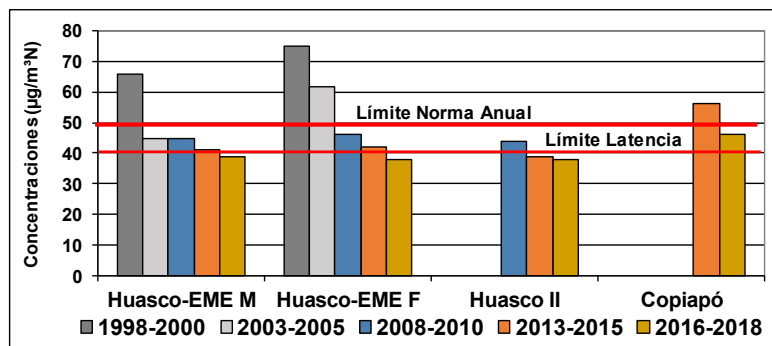


Figura 1.42 Cumplimiento de norma anual de MP10, en estaciones de Huasco y Copiapó



En octubre de 2013 y julio de 2014 el MMA instaló estaciones de monitoreo en Copiapó y Huasco para medición MP2,5. Las concentraciones registradas no han superado los valores de las normas tanto diaria como anual, pero se ubican en niveles de latencia para Copiapó.

Se observa en la Figura 1.43, que en 2018 el percentil 98 de MP2,5 en Copiapó fue 30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ y en Huasco 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Respecto a los promedios anuales, la Figura 1.44 muestra que en 2018 se cumple la norma, incluso bajo el nivel de latencia, con 14 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en Copiapó y 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en Huasco.

Figura 1.43 Cumplimiento de norma diaria de MP2,5 en Copiapó y Huasco

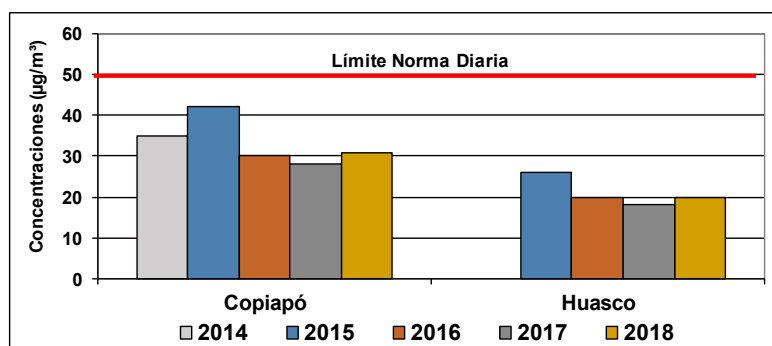
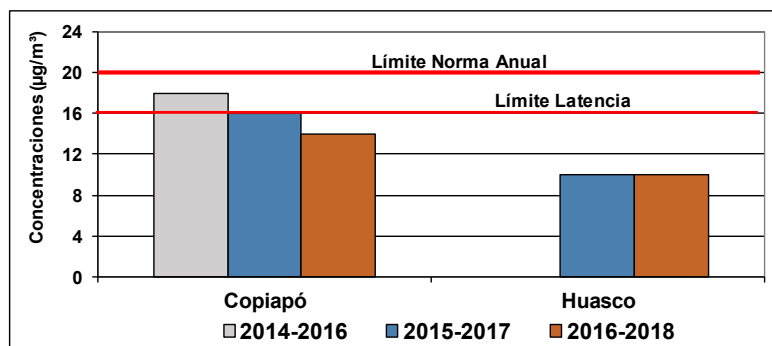


Figura 1.44 Cumplimiento de norma anual de MP2,5 en Copiapó y Huasco



En las estaciones de monitoreo EME F, EME M y Huasco II también se realiza medición de las concentraciones de SO₂ y NO₂, las cuales son inferiores al 15% de los valores establecidos en las normas primarias, de acuerdo a los informes técnicos de cumplimiento de norma elaborados por la SMA.

De acuerdo con los registros de emisiones disponibles en el sitio www.retc.cl el principal aporte para MP10, MP2,5, SO₂ y NO_x proviene de las fuentes fijas. Por otro lado, CO es emitido principalmente por vehículos en ruta.

Cuadro N° 1.6 Estimación de emisiones para la REGIÓN DE ATACAMA

	MP10 Ton/año	MP2,5 Ton/año	CO Ton/año	SO ₂ Ton/año	NO _x Ton/año
Fuentes Fijas	772	677	952	67347	5218
Emisiones vehículos en ruta	50	46	2844	2	640
Emisiones Quema de leña	34	31	577	0,2	7

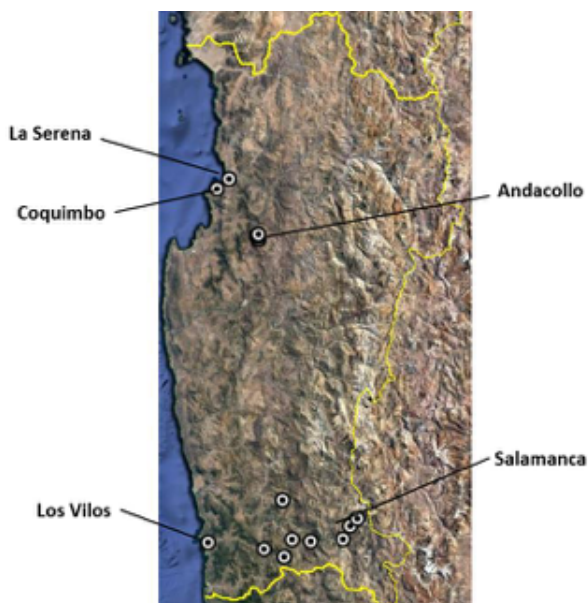
FUENTE: <http://datosretc.mma.gob.cl/dataset/emisiones-al-aire>

1.6 REGIÓN DE COQUIMBO

La Región de Coquimbo está conformada por las provincias de Elqui, Limarí y Choapa. Cuenta con una superficie de 40.580 km² y una población estimada por el INE al año 2017 de 757.586 habitantes, con una densidad poblacional de 18,67 hab/km².

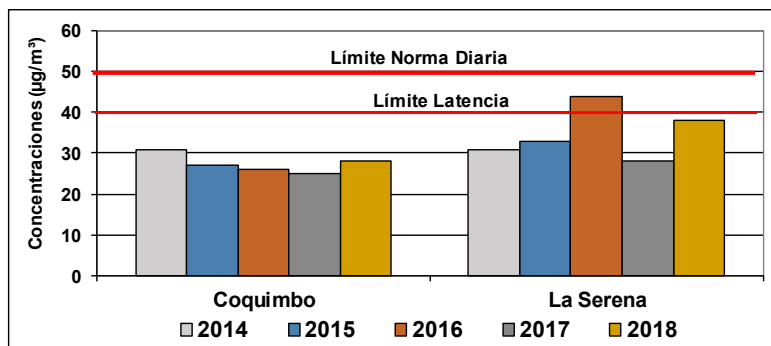
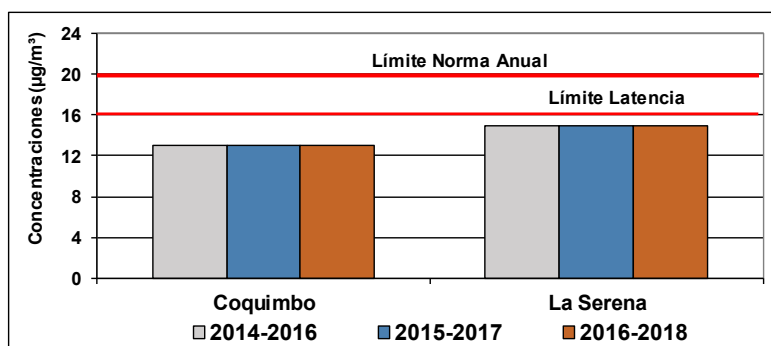
En la Región se realiza monitoreo de calidad de aire asociado a proyectos mineros en Andacollo (Minera Carmen de Andacollo y Minera Dayton) y en la zona de Salamanca - Los Vilos asociada al seguimiento de emisiones de Minera Los Pelambres.

Figura 1.45 Sectores con monitoreo de calidad de aire en la Región de Coquimbo



La comuna de La Serena tiene una población de 221.054 habitantes con una densidad poblacional de 116,26 hab/km² y la comuna de Coquimbo tiene una población de 227.730 habitantes con una densidad poblacional de 159,80 hab/km² de acuerdo con estimación del INE al año 2017. En diciembre de 2013, el MMA instaló estaciones de monitoreo en Coquimbo y La Serena para medición MP2,5.

Las concentraciones de MP2,5 registradas no han superado los valores de las normas tanto diaria como anual, incluso están bajo los niveles de latencia (80% de la norma), de acuerdo a lo ilustrado en la Figura 1.46 y en la Figura 1.47. Para el año 2018, el percentil 98 de MP2,5 es 28 µg/m³ en Coquimbo y 38 µg/m³ en La Serena. El promedio trianual 2016-2018 es 13 µg/m³ en Coquimbo y 15 µg/m³ en La Serena, es decir se mantienen con los mismos valores desde el trienio 2014-2016.

Figura 1.46 Cumplimiento de norma diaria de MP_{2,5} en Coquimbo y La SerenaFigura 1.47 Cumplimiento de norma anual de MP_{2,5} en Coquimbo y La Serena

La comuna de Andacollo tiene una población de 11.044 habitantes estimada por el INE al año 2017, con una densidad poblacional de 21,45 hab/km².

En Andacollo se realizan mediciones en las estaciones Chepiquilla, Urmeneta, El Sauce y Hospital. Considerando que en la estación Hospital se registraron las concentraciones de MP₁₀ más altas, incluso por sobre las normas diaria y anual, según se ilustra en la Figura 1.48 y en la Figura 1.49.

Por este motivo, mediante el D.S. N°8/2009 de MINSEGPRES se declaró a Andacollo y sectores aledaños como zona saturada por norma diaria y anual de MP₁₀.

En enero de 2011 el MMA instaló una estación de monitoreo de MP₁₀ a unos metros de la estación Hospital la cual se denominó Andacollo MMA. A fines de 2014 mediante el D.S. N°59 del MMA se estableció un Plan de descontaminación (PDA) para Andacollo y sectores aledaños.

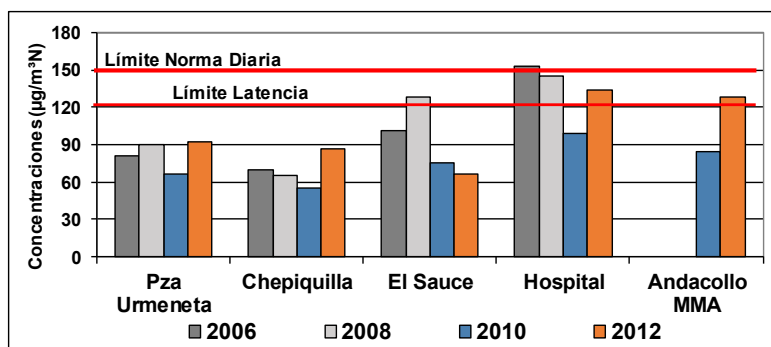
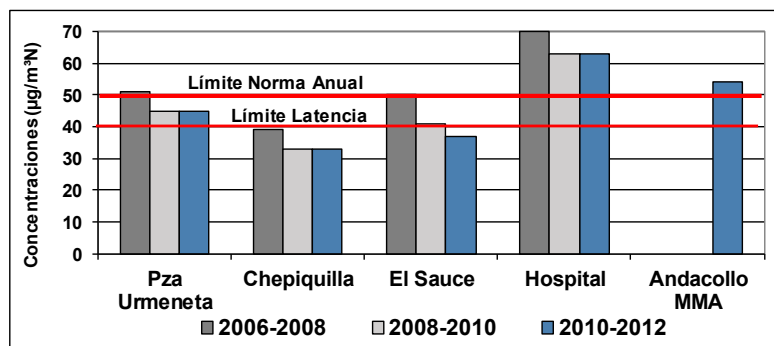
Figura 1.48 Cumplimiento de norma diaria de MP₁₀ en Andacollo

Figura 1.49 Cumplimiento de Norma anual de MP10 en Andacollo



Durante los últimos años, producto de las medidas del PDA, se ha logrado disminuir las concentraciones de MP10 en la estación Andacollo MMA, a niveles bajo la norma diaria y anual situación que se muestra en la Figura 1.50 y en la Figura 1.51, registrándose en el año 2018 un percentil 98 de $58 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ y un promedio trianual de $36 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$.

La comuna de Los Vilos tiene una población de 21.382 habitantes ($11,5 \text{ hab}/\text{km}^2$) y la comuna de Salamanca tiene una población de 29.347 habitantes ($8,52 \text{ hab}/\text{km}^2$) de acuerdo con la estimación del INE al año 2017. En la zona de Los Vilos y Salamanca, se realiza monitoreo en las estaciones de la Red de la minera Los Pelambres, pero esta información no está actualizada en SINCA. En la comuna de Salamanca se reportan datos desde el año 2012 de la estación Cuncumén en la localidad de Cuncumén operada por el MMA en la cual las concentraciones de MP10 son menores a un 30% de la norma diaria y anual, según se muestra en la Figura 1.50 y en la Figura 1.51.

Figura 1.50 Cumplimiento de norma diaria de PM10 en Andacollo y Cuncumen

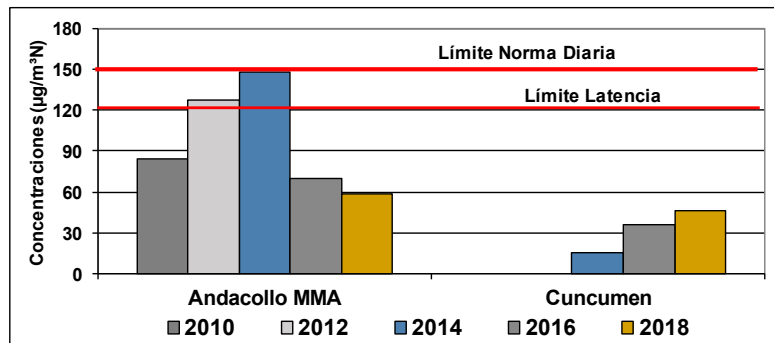
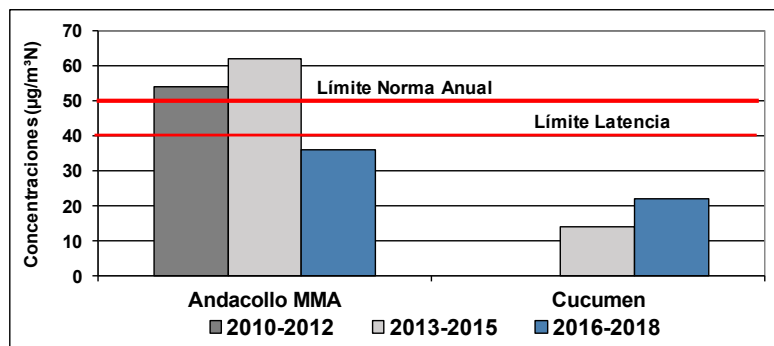


Figura 1.51 Cumplimiento de norma anual de PM10 en Andacollo y Cuncumen



De acuerdo con los registros de emisiones disponibles en el sitio www.retc.cl el principal aporte para SO₂ proviene de las fuentes fijas. Por otro lado, el CO y NO_x es emitido principalmente por vehículos en ruta y el MP₁₀ y MP_{2,5} por quema de leña.

Cuadro N° 1.6 Estimación de emisiones para la REGIÓN DE ATACAMA

	MP ₁₀ Ton/año	MP _{2,5} Ton/año	CO Ton/año	SO ₂ Ton/año	NO _x Ton/año
Fuentes Fijas	103	47	282	148	831
Emisiones vehículos en ruta	154	141	11615	8	2216
Emisiones Quema de leña	220	205	3753	1	48

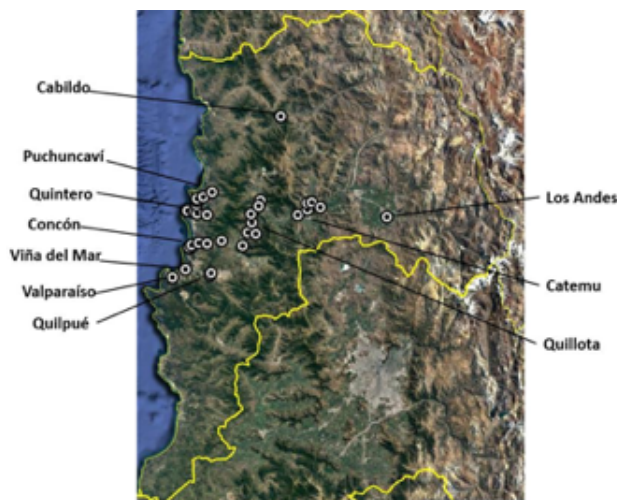
FUENTE: <http://datosretc.mma.gob.cl/dataset/emisiones-al-aire>

1.7 REGIÓN DE VALPARAÍSO

La Región de Valparaíso está conformada por las provincias de Isla de Pascua, Los Andes, Petorca, Quillota, San Antonio, San Felipe de Aconcagua, Marga-Marga y Valparaíso. La Región cuenta con una superficie de 16.396 km² y una población estimada por el INE al año 2017 de 1.815.902 habitantes, con una densidad poblacional de 111,27 hab/km².

Existen diversas áreas de monitoreo de calidad de aire asociadas a fuentes emisoras sometidas a regulaciones. Las más importantes, por la magnitud de sus emisiones, corresponden al complejo industrial Ventanas (fundición y refinería de cobre, central termoeléctrica, otras fuentes) y la Fundición Chagres. La Figura 1.52 siguiente ilustra los principales sectores con estaciones de monitoreo.

Figura 1.52 Sectores con monitoreo de calidad de aire en la Región de Valparaíso



La localidad de Chagres, comuna de Catemu, fue declarada zona latente por SO₂ en el D.S. N° 185 de 1991 del Ministerio de Minería.

El Complejo Industrial Ventanas cuenta con un Plan de Descontaminación oficial desde 1992 (D.S. N° 252 del Ministerio de Minería), y gran parte de las comunas de Quintero y Puchuncaví están declaradas como zonas saturadas por SO₂ y MP₁₀ desde 1994 (D.S. N° 346 del Ministerio de Agricultura). En marzo de 2015, el D.S. N°10 del MMA declara zona saturada por norma anual de MP_{2,5}, zona latente por norma diaria de MP_{2,5} y zona latente por norma anual de MP₁₀ a las comunas de Concón, Quintero y Puchuncaví.

A las zonas anteriores se agregan las fuentes reguladas por Resolución de Calificación Ambiental (RCA), que incluyen el área de Limache-Quillota, relacionada con las centrales de generación térmica San Isidro y Nehuenco, el área de Calera relacionada a la planta de Cemento Melón, el área de Concón contigua a la Refinería de Petróleos, el área continua a la Minera Las Cenizas en Cabildo, el entorno de la Central Las Vegas en Llay-llay y el entorno a Puerto Ventanas, entre otras. De acuerdo con el informe 2015 de las SEREMI (MMA, 2016) existen al menos 25 estaciones de calidad de aire privadas, más las estaciones de la red del MMA en Los Andes, Quilpué, Viña del Mar y Valparaíso.

La información de calidad de aire ha sido recopilada de SINCA, del “Informe “línea base de la calidad del aire en la Región de Valparaíso período 2013-2015” elaborado por la SEREMI del medio ambiente y SEREMI de salud Región de Valparaíso y de los análisis de información publicados por la SMA en su página <http://snifa.sma.gob.cl/v2/Fiscalizacion>

De acuerdo con los registros de emisiones disponibles en el sitio www.retc.cl el principal aporte para SO₂ y NO_x proviene de las fuentes fijas. Por otro lado, el CO, MP₁₀-MP_{2,5} es emitido principalmente por quema de leña.

Cuadro 1.8 Estimación de emisiones para la REGIÓN DE VALPARAÍSO

	MP10 Ton/año	MP2,5 Ton/año	CO Ton/año	SO ₂ Ton/año	NO _x Ton/año
Fuentes Fijas	1706	812	6367	27011	13610
Emisiones vehículos en ruta	170	151	6779	9	4250
Emisiones Quema de leña	3490	3249	53945	13	546

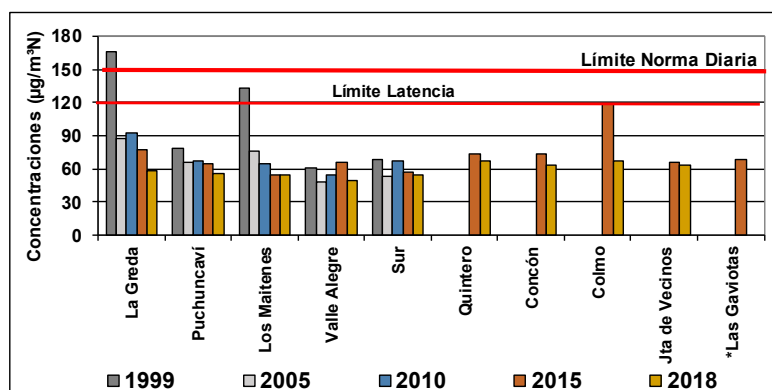
FUENTE: <http://datosretc.mma.gob.cl/dataset/emisiones-al-aire>

1.7.1 Concentraciones de MP₁₀, MP_{2,5} y SO₂ en Quintero, Puchuncaví y Concón

De acuerdo a la Figura 1.53, entre el año 2001 y el año 2018 ninguna estación tanto de la red del Complejo Industrial Ventanas (ubicadas en las Comunas de Quintero y Puchuncaví) como de Concón supera la norma diaria de MP₁₀, incluso en la gran mayoría de los años, los percentiles 98 son inferiores al 50% de la norma diaria, es decir menores a 75 µg/m³N.

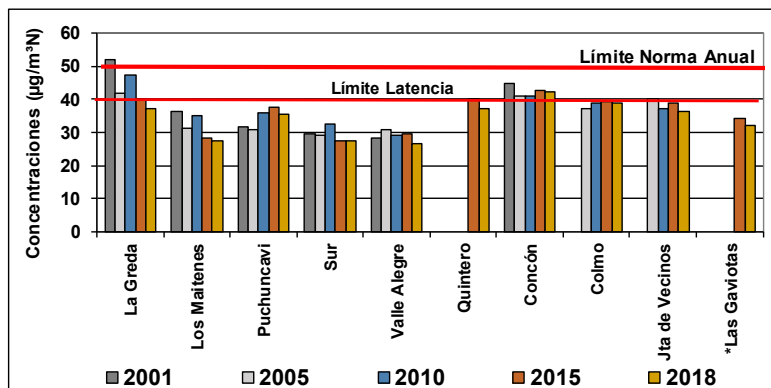
Respecto a la norma anual, la Figura 1.54 muestra que la estación La Greda por su cercanía a las instalaciones de la Fundición y centrales termoeléctricas, es la que presenta mayores promedios anuales de MP₁₀ en la Zona de Quintero-Puchuncaví. Sin embargo, se aprecia un descenso de las concentraciones desde nivel de latencia en 2010 hasta 37 µg/m³N en el año 2018, el mismo promedio que se registra en la estación Quintero. En la comuna de Concón, los promedios trianuales se han mantenido con valores similares, siendo la estación Concón la que registra valores más altos, en zona de latencia con un promedio 2016-2018 de 42 µg/m³N. Le siguen Colmo con 39 µg/m³N, Junta de Vecinos con 36 µg/m³N y Las Gaviotas con 32 µg/m³N.

Figura 1.53 Cumplimiento de norma diaria de MP₁₀ en la red de Ventanas



La Figura 1.54 muestra en La Greda, Puchuncaví y Sur una disminución de los promedios anuales de MP₁₀, con mayor disminución en la estación La Greda que bajó de niveles sobre la norma anual para el período 1999-2001 hasta 41 µg/m³N en el período 2013-2015, levemente por sobre el nivel de latencia al igual que la estación Quintero. Los Maitenes, Puchuncaví, Sur y Valle Alegre han mantenido sus concentraciones anuales de MP₁₀ bajo el nivel de latencia entre ambos períodos de comparación.

Figura 1.54 Cumplimiento de norma anual de MP10 en Quintero, Puchuncaví y Concón



Respecto a las mediciones de MP2,5 realizadas durante los últimos años, se aprecia en la Figura 1.55 el cumplimiento de la norma diaria, incluso bajo el nivel de latencia en las estaciones Quintero, La Greda, Puchuncaví, Los Maitenes, Valle Alegre y Sur. En cambio, la estación Concón está en el rango de latencia, con un percentil 98 de $41 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en el año 2018, le sigue Puchuncaví con $38 \mu\text{g}/\text{m}^3$, el resto de las estaciones presentan un percentil 98 entre 25 y $32 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Respecto de la norma anual de MP2,5, la Figura 1.56 muestra una reducción sistemática de los promedios trianuales, pasando la estación Concón de superación de norma a nivel de latencia con $16 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en el trienio 2016-2018. El resto de las estaciones tiene promedios trianuales 2016-2018 entre 12 y $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$, bajo el nivel de latencia.

Figura 1.55 Cumplimiento de norma diaria de MP2,5 en Quintero, Puchuncaví y Concón

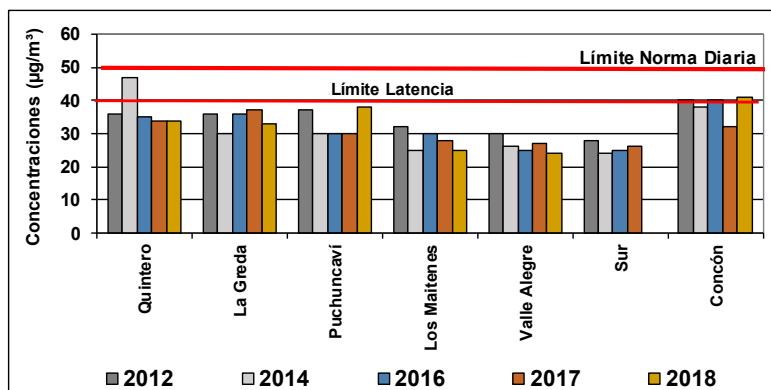
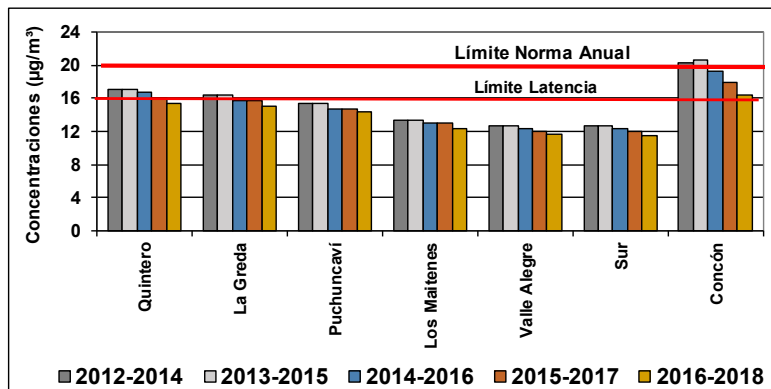


Figura 1.56 Cumplimiento de norma anual de MP2,5 en Quintero, Puchuncaví y Concón



De acuerdo a la Figura 1.57 y a la Figura 1.58 la aplicación del PDA en el Complejo Industrial Ventanas ha sido exitoso, con una marcada reducción de las concentraciones diarias y promedios anuales de SO₂ hasta concentraciones menores al 40% de las normas, especialmente en las estaciones más antiguas (La Greda, Puchuncaví, Los Maitenes, Sur y Valle Alegre).

Durante los últimos años, la estación instalada en Quintero ha registrado los valores más altos, con un percentil 98 de 53 ppb para el año 2018 y un promedio trianual 2016-2018 de 11 ppb. Ocasionalmente se han producido eventos de altas concentraciones, pero de corta duración, los que se asociarían principalmente a situaciones operacionales. En las estaciones de Concón, las concentraciones de SO₂ son bajas, del orden de un 10% respecto a la norma diaria y anual, en relación al año 2018.

En consideración a la actualización de las normas de SO₂, que están vigentes desde mayo de 2019 y de los eventos registrados los últimos años por altas concentraciones horarias en la comuna de Quintero, la SMA emitió un informe especial de cumplimiento de la nueva norma horaria de SO₂ que establece un límite de 134 ppb para el percentil 98,5 de las horas de un año, promediando tres años. De acuerdo con la Figura 1.59, la estación Quintero estaría en el rango de latencia con 121 ppb, seguida de la estación Los Maitenes con 106 ppb, el resto de las estaciones tiene valores bajo el 40% de la norma horaria,

Figura 1.57 Cumplimiento de norma diaria de SO₂ en Quintero, Puchuncaví y Concón

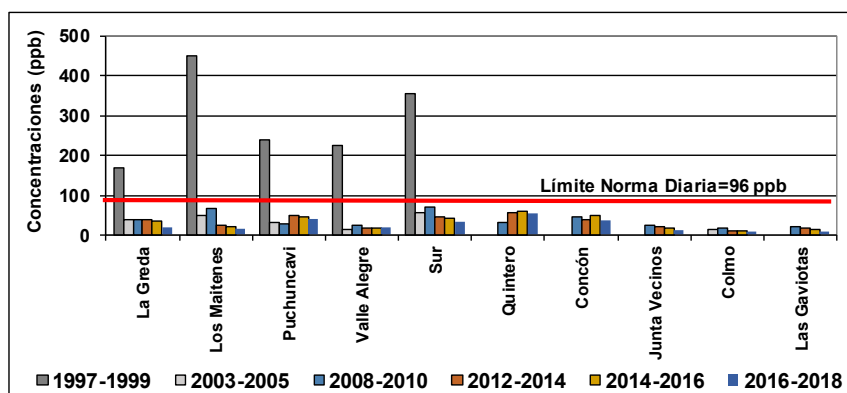


Figura 1.58 Cumplimiento de norma anual de SO₂ en Quintero, Puchuncaví y Concón

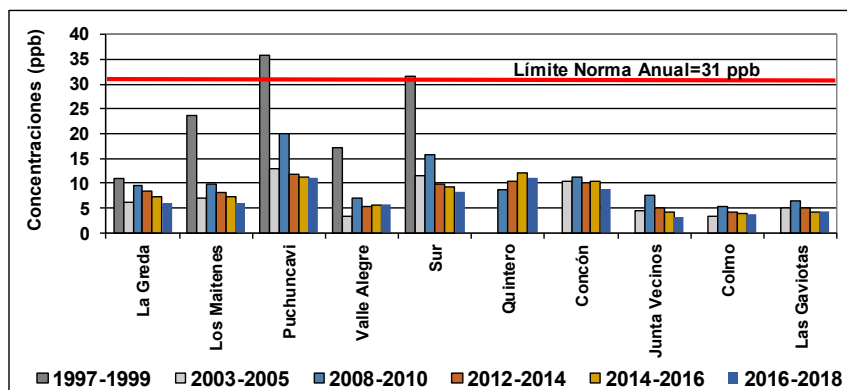
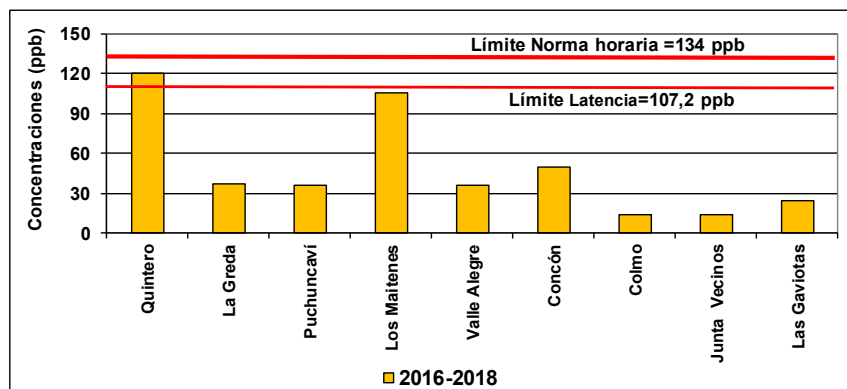


Figura 1.59 Cumplimiento de norma horaria de SO₂ en Quintero, Puchuncaví y Concón

1.7.2 Calidad de aire en el resto de la Región de Valparaíso.

La mayoría de las estaciones de monitoreo de calidad de aire en las comunas de: La Calera, Quillota, Catemu, San Pedro, Llay-Llay, Viña del Mar y Valparaíso, se instalaron o comenzaron a reportar información confiable de calidad de aire, posterior al año 2000.

La Figura 1.60 muestra una reducción de los percentiles 98 de MP10 de la mayoría de las estaciones, siendo las estaciones Manzanar y Catemu las que experimentaron un aumento. La estación de Catemu de la Red de la Fundición Chagres superó el nivel de la norma en 2015, disminuyendo en 2017 al nivel de latencia con un percentil 98 de 132 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$. La evaluación de norma diaria del año 2017 muestra que la mayoría de las estaciones tiene un percentil 98 cercano a 70 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$, es decir inferior al 50% de la norma.

La Figura 1.61 también muestra en 2017 tendencia a una disminución de los promedios trianuales de MP10 respecto a los años anteriores, excepto en las estaciones Catemu y Lo Campo de la Red de Chagres. En la estación Catemu, al igual que en la estación La Calera se supera la norma anual con un promedio trianual 2015-2017 de 72 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ y 51 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ respectivamente. En 2017, las estaciones Bomberos, La Cruz2, Lo Campo y Llay-Llay están en nivel de latencia por norma anual.

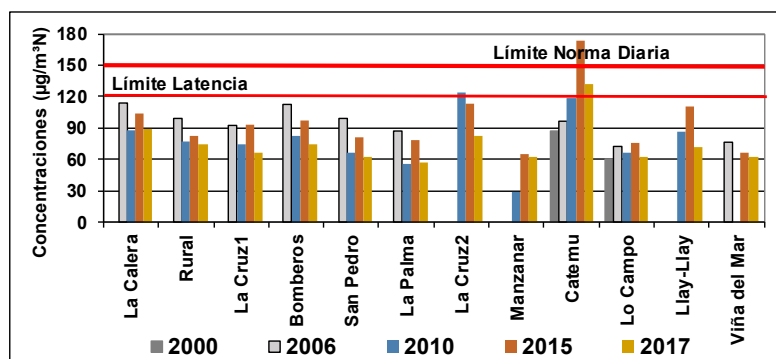
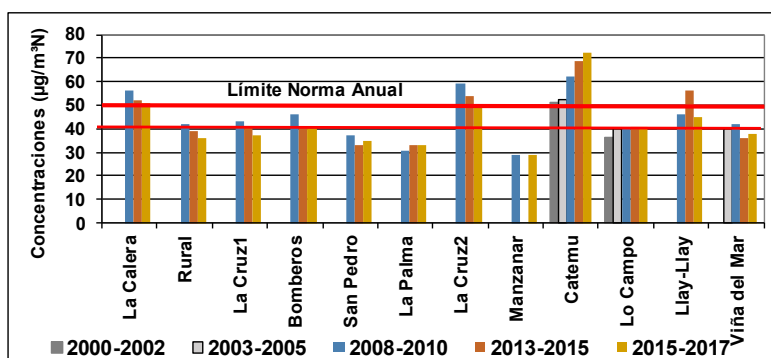


Figura 1.60 Cumplimiento de norma diaria de MP10 en otras estaciones de la Región de Valparaíso

Figura 1.61 Cumplimiento de norma anual de MP10 en otras estaciones de la Región de Valparaíso



La Figura 1.62 y la Figura 1.63 resumen las concentraciones de MP_{2,5} registradas en las estaciones del MMA instaladas en Viña del Mar y Valparaíso. Se constata que la estación Valparaíso está bajo el nivel de latencia tanto por norma diaria y anual de MP_{2,5}. La estación Viña del Mar presenta una disminución de concentraciones durante los últimos años para estar también bajo el nivel de latencia por norma diaria y anual de MP_{2,5} en el año 2018 con un percentil 98 inferior a 35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ y promedio trianual de 15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, registro similar al de la estación de Valparaíso.

Figura 1.62 Cumplimiento de norma diaria de MP_{2,5} en Viña del Mar y Valparaíso

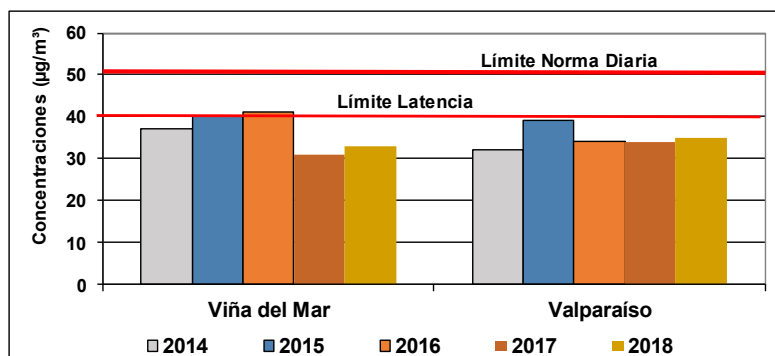
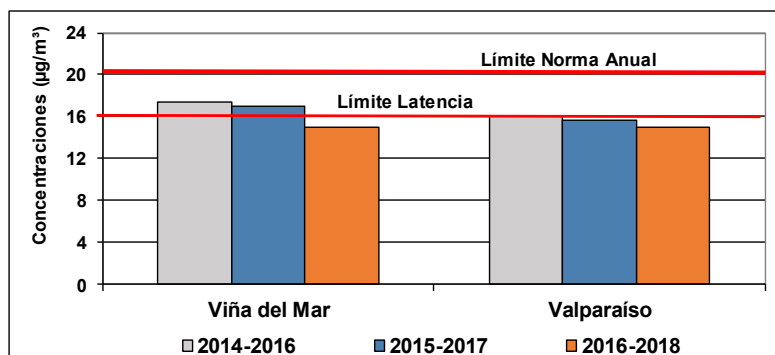
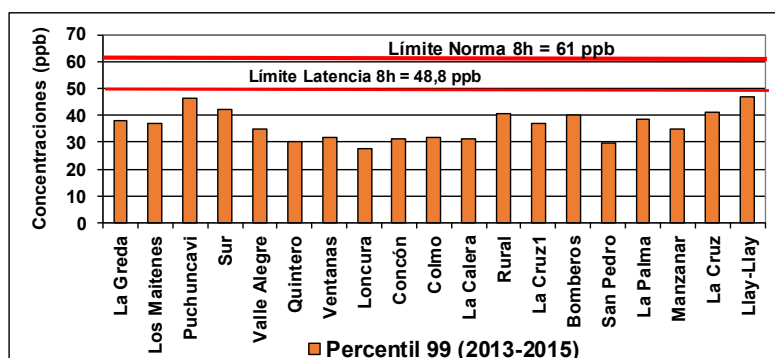


Figura 1.63 Cumplimiento de norma anual de MP_{2,5} en Viña del Mar y Valparaíso



Otro contaminante importante en la Región, por su efecto en las personas y en la vegetación es el ozono troposférico (O₃). La Figura 1.64 presenta el promedio trianual del percentil 99 de las concentraciones promedios de 8 horas de ozono (O₃) para el trienio 2013-2015, último período con datos validados disponible. Se aprecia que la mayoría de las estaciones tiene concentraciones en el rango 30 a 40 ppb, presentando las estaciones Puchuncaví y Llay-Llay (de central Los Vientos), los valores más altos, pero bajo el nivel de latencia. La revisión de datos de los últimos años, sin validar en SINCA, muestra concentraciones de O₃ similares a las registrados en 2015.

Figura 1.64 Cumplimiento de la norma de 8h de Ozono en la Región de Valparaíso



Recuadro 1: La Zona de Sacrificio Puchuncaví-Quintero

¿Qué se entiende por zona de sacrificio?^{1,2} En Chile el concepto de Zona de Sacrificio se comenzó a usar para definir e identificar zonas del territorio en que por acción u omisión el Estado ha dejado que se concentre una gran cantidad de industrias contaminantes, con bajos estándares ambientales, en las cuales se deteriora la calidad de vida de sus habitantes, se destruye la economía local y se contamina el territorio. La utilización del concepto zona de sacrificio complica el debate, que deja de ser netamente ambiental y se transforma en un problema socioambiental, económico y de derechos humanos³.

En las Zonas de Sacrificio existen enclaves productivos, principalmente de generación eléctrica como los que se emplazan en las comunas de Tocopilla, Mejillones, Huasco, Quintero- Puchuncaví y Coronel, e industrias molestas, peligrosas, insalubres, todas ellas justificadas por el rol estratégico cumplen para el “crecimiento económico del país”⁴.

Puchuncaví- Quintero Zona de Sacrificio. Sin duda la Zona de Sacrificio más emblemática del país es la que se ubica en las comunas de Puchuncaví y Quintero, lo que se debe en parte a su antigua data y a los reiterados episodios de contaminación que han debido soportar los habitantes donde se emplaza el Parque Industrial Ventanas (PIV). En 1954 se instaló allí un terminal de ENAP en la Bahía de Quintero, luego en 1961 se inauguró el Parque Industrial Ventanas. Posteriormente, en 1964, se inauguró la Fundición de Cobre, propiedad de la entonces Empresa Nacional de Minería (ENAMI), actualmente de la estatal CODELCO. El mismo año se emplazó la termoeléctrica a carbón Ventanas I, de propiedad de Chilgener y actualmente de AES Gener. En 1993 se decretó zona saturada para dióxido de azufre (SO₂) y material particulado 10 (MP10) y se elaboró el Plan de Descontaminación del complejo industrial Ventanas. Entre 1993 y 2018 no hubo un nuevo plan de descontaminación, pese a la proliferación de industrias contaminantes y los reiterados episodios de contaminación.

¿Qué pasa con la normativa ambiental en Puchuncaví – Quintero? En 1994 se aprobó la Ley N° 19.300 sobre Bases Generales de Medio Ambiente y en ella se define contaminación como: la presencia en el ambiente de sustancias, elementos, energía o combinación de ellos, en concentraciones, o concentraciones y permanencia, superiores o inferiores, según corresponda a las establecidas en la legislación vigente. En la práctica esto significa que si no existe legislación o normativa vigente, en términos legales no hay contaminación, lo cual tiene una serie de consecuencias para las Zonas de Sacrificio.

Adicionalmente, la Ley N° 19.300 estableció en sus artículos N° 10 y 11 cuáles son las industrias y bajo qué circunstancias deben ser sometidas al proceso de evaluación ambiental ya sea mediante estudio o declaración de impacto ambiental (EIA o DIA). Aunque la ley databa del año 1994 no fue hasta la dictación del Reglamento del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental que comenzó a regir realmente. Por ello no es extraño constatar que entre 1994 y 1997 ingresaron al Parque Industrial Ventanas nuevas empresas.

Entre los años 1994 y 1997 los proyectos de inversión podían someterse en forma voluntaria a evaluación ambiental rigiéndose por un Instructivo Presidencial que dictó el gobierno de Eduardo Frei. Sin embargo, en la bahía de Quintero los proyectos que se instalaron antes del año 1997 no tenían esta obligación. Es más, muchos de los proyectos que actualmente allí operan han sido parcialmente evaluados, es decir, solo parte de las instalaciones han sido sometidas al proceso de calificación ambiental vía DIA (ver anexo 1), sin participación ciudadana. Por si esto fuera poco no existe un registro público de las operaciones industriales que están en funcionamiento en estas comunas y que carecen de evaluación ambiental, es decir no tienen una Resolución de Calificación Ambiental (RCA).

Además, la ley ambiental en sus artículos N° 32 y 33 establece el procedimiento para la dictación de normas de calidad ambiental. La misma ley en el artículo N° 40 se refiere al proceso de dictación de normas de emisión y en sus artículos N° 43 al 47 se refiere al proceso de elaboración de Planes de Prevención y Descontaminación. La normativa se completa con los reglamentos respectivos para los procesos de dictación de normas y planes antes señalados.

Pese a todo lo anterior, en Chile existen zonas altamente contaminadas y es fácil entender las causas de ello: por una parte, la definición de contaminación de la misma ley ambiental y por otra, la ausencia de normativa. Aunque existe regulación para la elaborar normativas los gobiernos han sido sumamente lentos para dictarlas. Si se revisa la normativa aplicable a esta zona y muchas otras del país se constata que en materia de contaminación atmosférica la norma es totalmente insuficiente (ver Figura adjunta), pues no existe para los compuestos orgánicos volátiles (COV), ni tampoco para el arsénico.

Cuadro: Normas de Calidad y de Emisión, aplicable a Puchuncaví- Quintero1

Normativa	Contenido	Publicación	Revisión
D.S. N° 185/1991 del Ministerio de Minería*	Reglamenta el funcionamiento de establecimientos emisores de anhídrido sulfuroso, material particulado y arsénico en todo el territorio nacional	16 de enero de 1992	-
D.S. N° 59/1998 del MINSEGPRES**	Norma Primaria de Calidad Ambiental para Material Particulado Respirable MP10, en especial de los valores que definen situaciones de emergencia	25 de mayo de 1998 (vigente desde 15 días después de su publicación)	En revisión desde el 7 de enero de 2016
D.S. N° 165/1998 del MINSEGPRES***	Norma de Emisión para la regulación del contaminante Arsénico emitido al aire	2 de junio de 1999	No
D.S. N° 90/2000 del MINSEGPRES	Norma de Emisión para la regulación de contaminantes asociados a las descargas de Residuos Líquidos (RILES) a aguas marinas y continentales superficiales	7 de marzo de 2001 (vigente desde 180 días después de su publicación)	En revisión desde el 18 de diciembre de 2006
D.S. N° 136/2000 del MINSEGPRES	Norma de Calidad Primaria para Plomo en el Aire	6 de enero de 2001 (vigente desde el 1° de febrero de 2001)	No
D.S. N° 112/2002 del MINSEGPRES	Norma Primaria de Calidad del Aire para Ozono (O3)	6 de marzo de 2003 (vigente desde el 1° de abril de 2003)	En revisión desde el 18 de enero de 2010

1 Una primera versión el concepto Zonas de Sacrificio nació durante la guerra fría, acuñada por funcionarios del gobierno estadounidense para referirse a áreas peligrosamente contaminadas como resultado de procesos mineros para la obtención del uranio para la fabricación de armas nucleares. Hoy se habla de ellas para referirnos a un sector geográfico de alta concentración industrial, en el que se ha priorizado el establecimiento de polos industriales por sobre el bienestar de las personas y el ambiente.

2 Conversatorio en la Facultad de Arquitectura y Urbanismos de la Universidad de Chile: “El riesgo de vivir en zonas de sacrificio” enmarcado en la conmemoración del Día Internacional para la Reducción de Desastres, declarado por la Organización de Naciones Unidas en 1989

3 APP N°54 Bahía de Quintero: Zona de Sacrificio, una perspectiva desde la justicia ambiental, Flavia Liberona y Javiera Vallejo, noviembre 2012

4 Puchuncaví, mayo de 2014 Conclave Alcaldes Zonas de Sacrificio, que contó con la presencia de los Alcaldes de Tocopilla, Huasco, Quintero, Puchuncaví y Coronel.

D.S. N° 113/2002 del MINSEGPRES	Norma Primaria de Calidad del Aire para Dióxido de Azufre (SO ₂)	6 de marzo de 2003 (vigente desde el 1° de abril de 2003)	En revisión desde el 18 de enero de 2010. Fue aprobada en diciembre 2018, pendiente de publicación
D.S. N° 114/2002 del MINSEGPRES	Norma Primaria de Calidad de Aire para Dióxido de Nitrógeno (NO ₂)	6 de marzo de 2003 (vigente desde el 1° de abril de 2003)	En revisión desde el 18 de enero de 2010
D.S. N° 115/2002 del MINSEGRES	Norma Primaria de Calidad del Aire para Monóxido de Carbono (CO)	10 de septiembre de 2002 (vigente desde el 1° de octubre de 2002)	En revisión desde el 18 de enero de 2010
D.S. N° 22/2009 del MINSEGPRES	Norma Secundaria de Calidad Ambiental para Anhídrido Sulfuroso (SO ₂)	16 de abril de 2010 (vigente desde el 1° de junio de 2010)	No
D.S. N° 12/2011 del MMA	Norma Primaria de Calidad Ambiental para Material Particulado Respirable MP 2,5	1° de enero de 2012	No
D.S. N° 13/2011 del MMA	Norma de Emisión para Centrales Termoe-léctricas	23 de junio de 2011 (con vigencia gradual para fuentes emisoras existentes)	No
D.S. N° 28/2013 del MMA	Norma de Emisión para Fundiciones de Cobre y Fuentes Emisoras de Arsénico	12 de diciembre de 2013	No

*Respecto del arsénico, de conformidad con su artículo 8° transitorio la aplicación de sus disposiciones se encuentra supeditada a la dictación de la Norma Primaria de Calidad de Arsénico, la que se publicó en 1994 y fue derogada a los pocos meses después, sin que hasta la fecha se haya restablecido dicha normativa.
 **El D.S. N° 20/2013 del Ministerio del Medio Ambiente, que establecía la nueva Norma de Calidad Primaria para MP10 y derogaba el D.S. N° 59/1998 del MINSEGPRES, fue anulado totalmente por sentencia del Segundo Tribunal Ambiental del 17 de octubre de 2015.
 ***Parcialmente derogada por el artículo 18 del D.S. N° 28/2013 del MMA, que establece la Norma de Emisión para Fundiciones de Cobre y Fuentes Emisoras de Arsénico

De la fiscalización ambiental. A fines del año 2012 comenzó a funcionar como ente fiscalizador en materia ambiental la Superintendencia de Medio Ambiente (SMA), sin embargo la ley N° 20.417 en su artículo segundo define muy claramente las competencias de esta institución pública: la Superintendencia de Medio Ambiente tendrá por objeto ejecutar, organizar y coordinar el seguimiento y fiscalización de las Resoluciones de Calificación Ambiental, de las medidas de los Planes de Prevención y/o Descontaminación Ambiental, del contenido de las Normas de Calidad Ambiental y Normas de Emisión, y de los Planes de Manejo, cuando corresponda, y de todos aquellos otros instrumentos de carácter ambiental que establezca la ley.

En estricto rigor, esto significa que la SMA no puede fiscalizar operaciones que no hayan sido sometidas a evaluación ambiental y que no cuenten por tanto con una Resolución de Calificación Ambiental, (RCA), tampoco puede fiscalizar la contaminación que no está normada ya sea mediante normas de calidad o de emisión. A esto se suma que los Planes de Descontaminación se elaboran en función de la normativa existente y si no hay normativa no se puede elaborar un plan para descontaminar una zona.

En resumen, la situación de Puchuncaví -Quintero no concierne a nadie, dado que no hay normativa que permita fiscalizar realmente la contaminación existente. Lo más lamentable es que durante décadas la autoridad ambiental no ha asumido la responsabilidad que le compete, dictando regulaciones que permitirían enfrentar los problemas de contaminación en aire, agua y suelo en esta Zona de Sacrificio y que se repiten en muchas otras localidades de nuestro país. Flavia Liberona, Fundación TERRAM.

ANEXO I: Industrias en Parque Industrial Ventanas que han sido evaluadas vía DIA y EIA

Empresas sin evaluación ambiental en su operación principal (rojo) y empresas con evaluación ambiental en su operación principal (azul)

INDUSTRIA	CONTROLADOR	SECTOR PRODUCTIVO	INICIO OPERACIONES	RCA			
				AÑO	PRESENTACIÓN	Continuación AÑO	Continuación PRESENTACIÓN
Puerto Ventanas	AES Gener/Panímex Química S.A.	Infraestructura Portuaria	1991	2000	DIA	2010	DIA
				2004	DIA	2014	DIA
				2005	DIA	2015	DIA
Terminal Marítimo de Quintero ENAP	ENAP	Infraestructura Portuaria	1954	2000	DIA	2005	DIA
				2001	DIA	2006	DIA
				2002	DIA	2009	DIA
				2002	DIA	2009	DIA
				2004	DIA		

SIN EVALUACIÓN DEL PROYECTO PRINCIPAL	Fundición y Refinería Ventanas	Codelco	Instalación fabril	1964	1998	DIA	2009	DIA
					2003	DIA	2010	DIA
					2004	DIA	2011	DIA
					2005	DIA	2013	DIA
					2007	DIA	2016	DIA
					2008	DIA		
	Terminal Marítimo de Quintero Copec	COPEC S.A.	Infraestructura Portuaria	2006	1999	DIA	2005	DIA
					2002	DIA	2008	DIA
					2003	DIA	2013	DIA
					2007	DIA	2014	DIA
					2004	DIA		
	Planta Gasmar Quintero	Gasmar	Transportes y almacenajes	1992	2005	DIA		
					2013	DIA		
	Terminal Marítimo Oxiquim	Oxiquim S.A.	Infraestructura Portuaria	1990	1999	DIA	2007	EIA
					1998	DIA	2009	DIA
					1998	DIA	2013	DIA
					2005	DIA	2013	EIA
					2007	DIA		
	Planta de procesamiento de sales metálicas	Minera Montecarmelo S.A.	Minería		2004	DIA		
Planta de Molienda de Cemento Puerto Ventanas	Melón S.A.	Instalación fabril	2011	2005	DIA			
				2006	DIA			
				2007	DIA			
Comercial Catamotum	Catamotum S.A.	Chancado de Carbón		Sin RCA				
Complejo Termoeléctrico Ventanas	AES Gener	Energía	1964	2001	DIA	2008	DIA	
				2006	EIA	2010	EIA	
				2006	DIA	2011	EIA	
				2007	DIA			
CON EVALUACIÓN DEL PROYECTO PRINCIPAL	Terminal Marítimo GNL	GNL Quintero S.A.	Infraestructura Portuaria	2009	2005	EIA	2012	DIA
					2007	DIA	2013	DIA
					2008	DIA	2014	DIA
					2009	DIA	2016	EIA
					2010	DIA		
	Central Quintero	ENEL/ex Endesa	Energía	2009	2007	DIA	2009	DIA
					2008	EIA	2010	DIA
	Terminal de asfaltos y combustibles	Cordex S.A.	Infraestructura Portuaria	1998	1998	EIA		
1 ADC N°31, La Negligente realidad de la Bahía de Quintero, Fundación Terram, octubre 2018								
Flavia Liberona, Fundación TERRAM.								

1.8 REGIÓN METROPOLITANA

La Región Metropolitana de Santiago está conformada por las provincias de Chacabuco, Cordillera, Maipo, Melipilla, Santiago y Talagante. Cuenta con una superficie de 15.403 km² y una población estimada por el INE al año 2017 de 7.112.808 habitantes, con una densidad poblacional de 462 hab/km².

La red de monitoreo de Santiago, con cinco estaciones y mediciones de MP10, CO, SO₂, NO_x y O₃, inicia su funcionamiento en 1988. En 1997 con apoyo de la Agencia Japonesa de Cooperación Internacional (JICA) la red se amplió a ocho estaciones, ubicadas en las comunas de Las Condes, Providencia (retirada en el año 2003), Independencia, La Florida, Pudahuel, El Bosque, Cerrillos y en el Parque O`Higgins. En 2001 se incluyó la estación de Cerro Navia, y en 2008 se aumenta a 11 estaciones, incorporando las comunas de Talagante, Puente Alto y Huechuraba. En 2016 y 2017 se reubicaron, dentro de las comunas, las estaciones Quilicura y Cerrillos respectivamente. La Figura 1.65 ilustra la ubicación de las estaciones.

Figura 1.65 Estaciones de monitoreo de red MACAM en la REGIÓN METROPOLITANA



En 1996, mediante el D.S. N°131 del MINSEGPRES se declaró a la Región Metropolitana zona saturada para MP10, PTS, CO y Ozono y zona latente para NO₂. En 1998 el D.S. N°16 de MINSEGPRES aprueba el Plan de Prevención y Descontaminación Atmosférica de la Región Metropolitana (PPDA), el cual es actualizado en 2004 mediante el D.S. N°58 de MINSEGPRES y en el año 2010 mediante D.S. N°66 de MINSEGPRES. El D.S. N°67/2014 del MMA, declaró a la RM saturada por concentración diaria de MP2,5. En noviembre de 2017 se aprobó un nuevo PPDA mediante el D.S. N°31 del MMA.

1.8.1 Concentraciones de MP10 y MP2,5

Desde hace décadas la ciudad de Santiago experimenta un alto grado de contaminación atmosférica por material particulado en la época de otoño-invierno; incluso, durante algunos días llamados “episodios” se superan valores fijados en las normas chilenas de calidad de aire para MP10, alcanzando concentraciones consideradas peligrosas para la salud de las personas, especialmente niños y ancianos. Durante los meses de primavera-verano (octubre a marzo) aumentan significativamente las concentraciones de ozono en el sector nororiente de la ciudad.

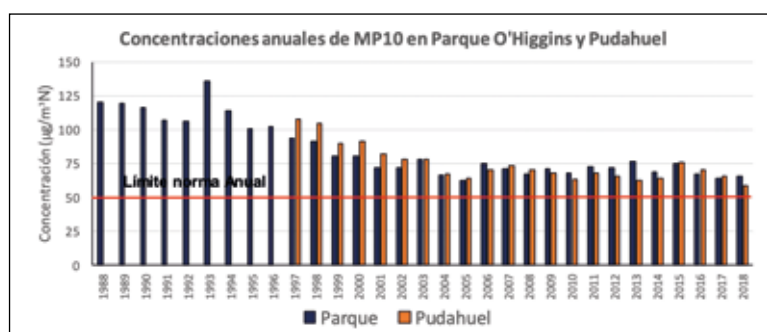
En la Región Metropolitana, el incesante crecimiento de la población, del número de fuentes fijas, del parque automotriz, la expansión continua e inorgánica de la ciudad y el aumento de uso de la leña como calefacción domiciliaria, entre otros factores, habrían contrarrestado las medidas de

Los altos niveles de contaminación atmosférica en Santiago obedecen a la conjunción de varios factores: a) la creciente actividad económica de la región y aumento de fuentes fijas b) el constante crecimiento demográfico acentuado por un marcado centralismo c) el creciente y sostenido aumento del parque automotriz d) la expansión continua e inorgánica de la ciudad e) el uso de leña como calefacción domiciliaria en otoño-invierno f) la gran extensión y segregación funcional que provocan un aumento de las distancias

recorridas, tiempos de viaje, congestión vehicular y mayores emisiones a menores velocidades de desplazamiento g) las condiciones geográficas y meteorológicas de la Región Metropolitana que son particularmente desfavorables para una adecuada dispersión de contaminantes.

Los mayores avances en la disminución de las concentraciones de MP10 se lograron en la década de los noventa, producto de la implementación de las principales medidas de reducción de emisiones. Desde el año 2000 en adelante, como se aprecia en la Figura 1.66, no hay una tendencia clara de disminución de emisiones en los promedios anuales, aunque los promedios del año 2015 son menores a los registrados en el año 1999 para las estaciones Parque y Pudahuel. Se eligió Pudahuel para la comparación ya que es una de las estaciones que presenta mayores eventos de altas concentraciones.

Figura 1.66 Evolución de promedios anuales de MP10 en estaciones Parque y Pudahuel



Las concentraciones de material particulado respirable (MP10 y MP2,5) tienen un ciclo estacional marcado, con valores más altos en otoño-invierno y menores en los meses de primavera y verano. Esta situación se ilustra en la Figura 1.67 y en la Figura 1.68, a modo de ejemplo, con los promedios mensuales entre los años 1997 y 2018 de las estaciones Pudahuel y La Florida. Se aprecia, además, una marcada disminución de concentraciones máximas entre 1997 y 2003. Las diferencias de concentraciones de MP10 entre invierno y verano se deben a la mayor ventilación y mejores condiciones de dispersión durante los meses más cálidos, ya que se presentan sostenidamente, mayores alturas de la capa de mezcla y vientos en superficie de mayor intensidad y duración que en la estación fría del año.

Figura 1.67 Evolución de promedios mensuales de MP10 y MP2,5 en estación Pudahuel

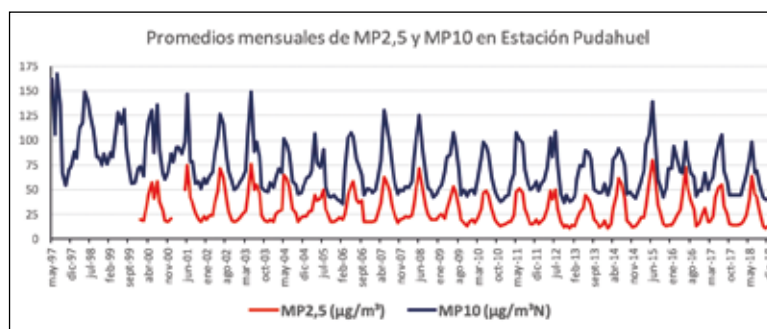
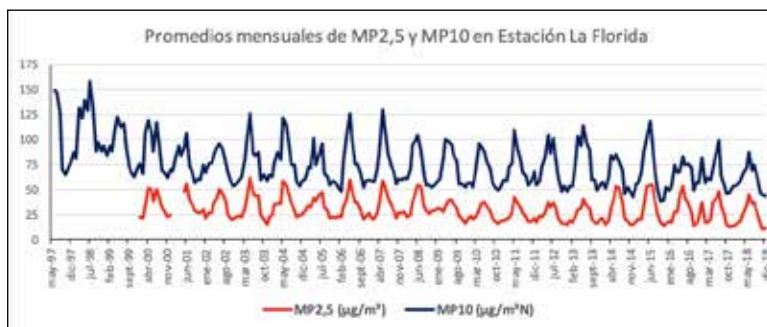


Figura 1.68 Evolución de promedios mensuales de MP10 y MP2,5 en estación La Florida



La marcada diferencia entre los promedios mensuales de meses de otoño-invierno con mayores valores de MP10 y MP2,5, respecto a primavera-verano, se replica en la mayoría de las ciudades desde la Región Metropolitana al sur, hasta Coyhaique.

La Figura 1.69 y la Figura 1.70 muestran la evolución de los días con episodios constatados por MP2,5 desde el año 2000 y MP10 desde el año 1997, que coincide con el inicio de Sistema de pronóstico de calidad del aire para la RM descrito en el Recuadro N°2.

De acuerdo a la Figura 1.69 y la Figura 1.70, se aprecia una disminución en la cantidad de días de episodios hasta el año 2005. En el MP2,5 no se observa una tendencia definida a la disminución desde 2005 a 2018. Por otro lado, el MP10 desde el año 2016 presenta una disminución, incluso en los años 2017 y 2018 no hay preemergencia por MP10.

Figura 1.69 Episodios constatados de MP2,5 en la Región Metropolitana, 2000-2018

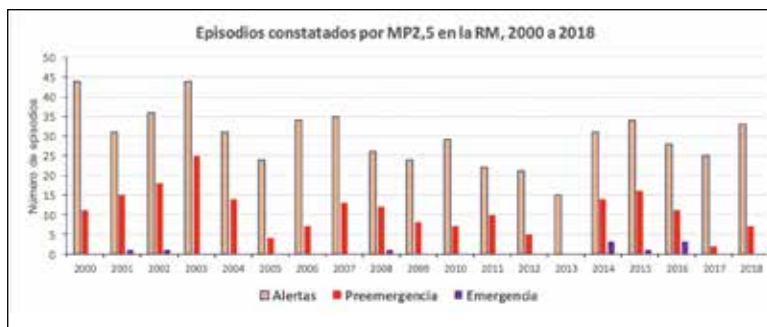
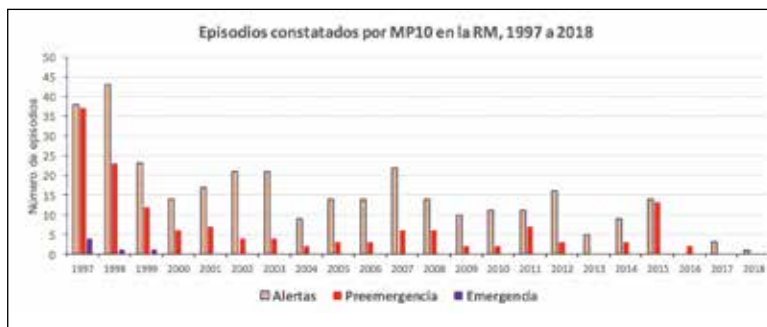


Figura 1.70 Episodios constatados de MP10 en la Región Metropolitana, 1997-2018



Recuadro 1.2: Pronósticos de calidad del aire para la Gestión de Episodios en Chile

El objetivo de un sistema de pronóstico de calidad de aire es entregar información a las autoridades y a los habitantes de una ciudad o localidad, para que cuando se prevé episodios de alta contaminación, se tomen medidas especiales de aviso y mitigación de emisiones a fin de proteger de forma oportuna y eficiente la salud de la población.

Los modelos predictivos de calidad del aire se fundamentan en la evolución prevista de las condiciones de dispersión de contaminantes, las que dependen, principalmente, de variables meteorológicas como estabilidad a niveles bajos, altura de la capa de mezcla superficial y viento dentro de esa capa. Los modelos de pronóstico de calidad de aire, de tipo estadístico, dinámico o una combinación de estos, calculan la evolución prevista de las condiciones meteorológicas de dispersión.

Los modelos de pronóstico de calidad de aire para MP10 y MP2,5 se aplican en el periodo otoño-invierno y el de ozono troposférico (O₃) en primavera verano.

Desde 1997 a la fecha, distintas entidades en Chile han estado a cargo de elaborar y entregar a la autoridad ambiental, pronósticos de calidad de aire para la Gestión de Episodios en ciudades ubicadas principalmente en las Zonas Centro-Sur del País.

Equipos de académicos y profesionales de diversas entidades, entre otras, la Universidad de Santiago, Universidad de Chile, Universidad Católica y la Dirección Meteorológica de Chile (DMC), desarrollaron y continúan perfeccionando distintas metodologías de pronóstico de calidad de aire, las cuales actualmente se aplican a ciudades del Centro y Sur de Chile.

Desde 1997 a 2010 el Centro Nacional del Medio Ambiente (CENMA) operó el pronóstico de calidad de aire para la Región Metropolitana de Santiago respecto a Material Particulado respirable (MP10), Ozono troposférico (O₃) y Material Particulado respirable fracción fina (MP2,5), durante este periodo se incorporó pronósticos de MP10 y MP2,5 para Temuco y Rancagua. Es importante destacar, que los pronósticos realizados en este periodo incluso fueron publicados en prensa escrita e informados en los noticieros de televisión. Desde el año 2011 a la fecha, la elaboración del pronóstico de episodios para la RM está a cargo de la DMC.

El vertiginoso avance que ha experimentado en las últimas décadas tanto la tecnología aplicada a la Meteorología como el mejoramiento de las capacidades de procesamiento de información ha tenido un gran impacto positivo en el desarrollo y operación de sistemas y modelos de pronóstico.

En la actualidad los pronósticos de calidad de aire tienen un grado de acierto cada vez más alto, constituyéndose en una valiosa herramienta de apoyo, en la gestión de episodios críticos de calidad de aire ayudando a disminuir y adelantarse a los episodios de altas concentraciones de MP10, MP2,5, O₃ y SO₂ en aquellas ciudades donde son aplicados.

De acuerdo a la comparación de percentil 98 de MP10 presentado en la Figura 1.71 para algunos años entre 1999 y 2018, se aprecia que en la mayoría de las estaciones de monitoreo han disminuido los valores. Para la evaluación del año 2018, solamente la estación Cerrillos supera la norma diaria con 151 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$, las estaciones Independencia, Parque O'Higgins, Pudahuel, El Bosque, Cerro Navia y Quilicura están en nivel de latencia.

De acuerdo a la comparación de promedios trianuales de MP10 para algunos años, entre 2000 y 2018, presentado en la Figura 1.72 se aprecia una disminución de las concentraciones anuales en las estaciones de monitoreo, excepto Cerrillos, lo que se explicaría en parte, por su traslado y reubicación a un sector con concentraciones más altas. Para el trienio 2016-2018, todas las estaciones superan la norma anual de MP10, excepto la estación Talagante, ubicada más alejada de la urbe, que está en rango de latencia. Las estaciones Independencia, Pudahuel y Cerro Navia tienen el promedio trianual más alto con 66 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$.

Figura 1.71 Cumplimiento de la norma diaria de MP10 en la Región Metropolitana

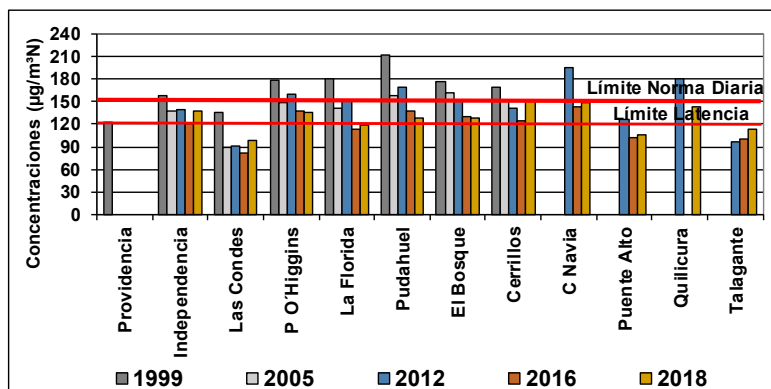
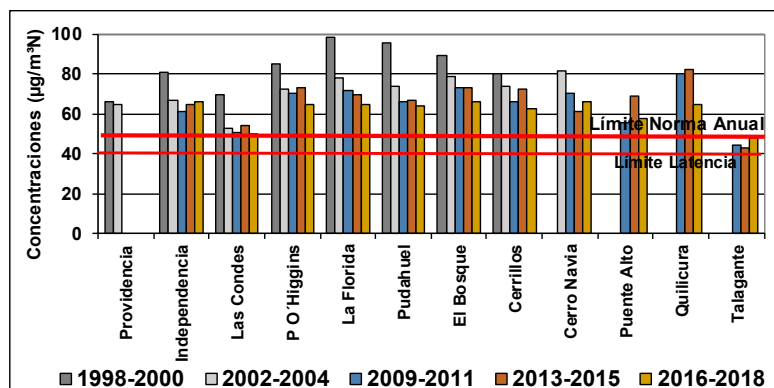


Figura 1.72 Cumplimiento de la norma anual de MP10 en la Región Metropolitana



De acuerdo a la comparación de percentil 98 de MP2,5 presentado en la Figura 1.73 muestra que las estaciones han superado la norma diaria de MP2,5 todos los años, excepto la estación Las Condes que está en nivel de latencia. En el año 2018 las estaciones Cerro Navia, El Bosque y Pudahuel tienen los percentiles 98 de MP2,5 más altos con 90 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 81 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ y 79 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ respectivamente. Las Condes con 44 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ es el percentil 98 más bajo.

Por otro lado, de acuerdo a la comparación de promedios trianuales de MP2,5 presentado en la Figura 1.74 se aprecia que todas las estaciones superan la norma anual de MP2,5. Las estaciones El Bosque, Pudahuel y Cerro Navia tienen los promedios trianuales más altos en 2016-2018 con 33 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 29 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ y 28 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ respectivamente. Las estaciones Puente Alto y Las Condes tienen el menor promedio trianual de MP2,5 con 24 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Figura 1.73 Cumplimiento de la norma diaria de MP2,5 en la Región Metropolitana

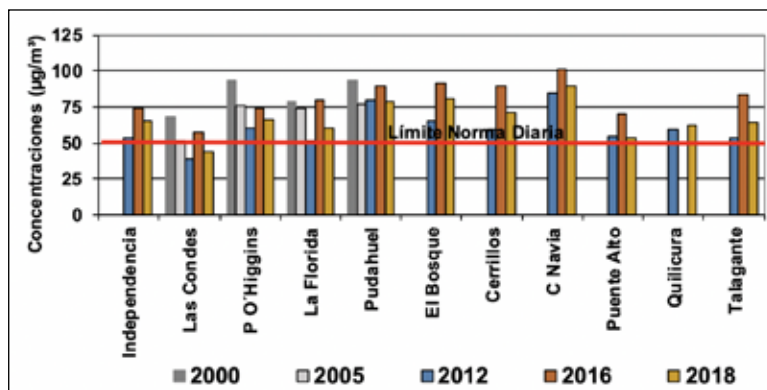
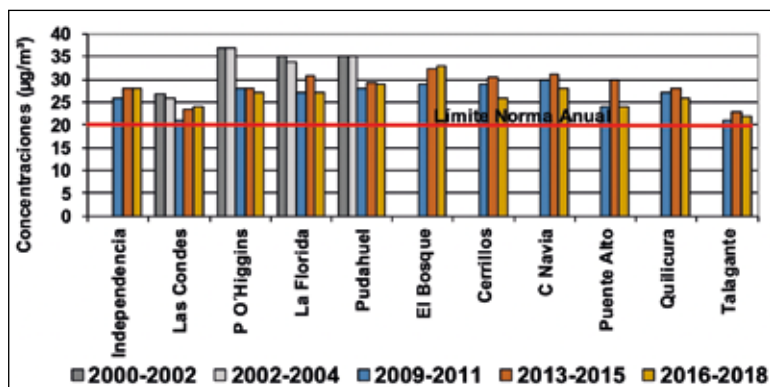


Figura 1.74 Cumplimiento de la norma anual de MP2,5 en la Región Metropolitana



1.8.2 Concentraciones de O₃, SO₂, NO₂ y CO

De acuerdo con el PPDA de 2016 (D.S. N°31/2016 de MMA), la Región Metropolitana de Santiago se encuentra en estado de Saturación por O₃ en su norma de 8 horas. Además, se encuentra en estado de Latencia por monóxido de carbono CO en su norma de 8 horas, y en cumplimiento, para las normas: horaria de CO y las normas de NO₂ y SO₂, a diferencia de la declaración de zona saturada hecha en 1996 (D.S. N°131/1996 de MINSEGPRES) donde se declaró saturada por ozono, monóxido de carbono y latente por NO₂.

La Figura 1.75 muestra una comparación en el cumplimiento de las normas de O₃, NO₂, CO y SO₂ para los años 1999, 2005, 2014 y 2017, el valor presentado para cada año corresponde al promedio de las estaciones de la red de la RM. Se aprecia disminución de las concentraciones en todos los gases hasta concentraciones bajo el nivel de latencia NO₂, CO y SO₂ en el trienio 2015-2017. En cambio, para O₃ a pesar de la disminución de concentraciones se continúa excediendo la norma.

Figura 1.75 Cumplimiento de normas para O₃, NO₂, CO y SO₂

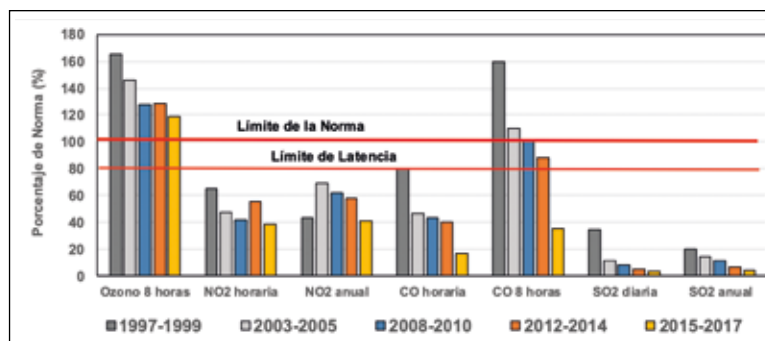
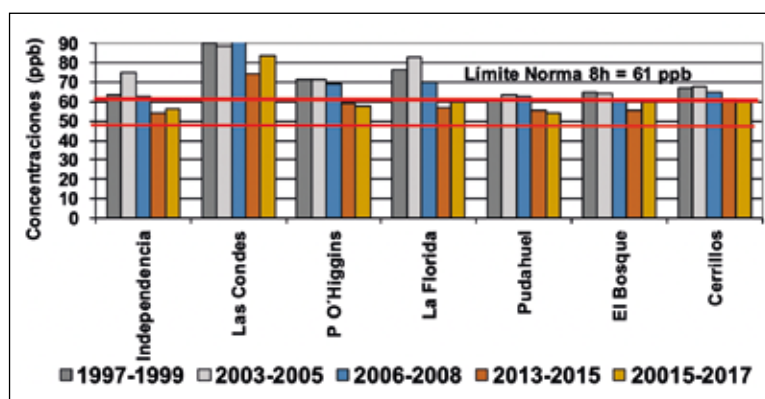


Figura 1.76 Cumplimiento de Norma de 8 horas de Ozono en la Región Metropolitana



Considerando la excedencia de la norma de 8 horas de Ozono se incluye la Figura 1.76 con una comparación de cumplimiento de norma en las estaciones de la red. Se aprecia que en 2017 todas las estaciones superan el nivel de latencia de la norma de 8 horas (80% de la norma), pero la estación Las Condes, ubicada en la zona nororiente de la región, continúa superando la norma establecida en 61 ppb.

1.8.3 Inventarios de emisiones

Respecto a las emisiones de los contaminantes, de acuerdo al PPDA de 2016 la estimación de emisiones para año base 2015 es la que se presenta en el Cuadro N° 1.9

Cuadro 1.9 Estimación de emisiones para la Región Metropolitana año 2015, según PPDA 2016

	MP10 Ton/año	MP2,5 Ton/año	CO Ton/año	SOx Ton/año	NOx Ton/año
Industria	911	874	598	1994	4895
Residencial Leña	2251	2191	36376	36	214
Residencia no leña	100	95	410	294	1563
Quemas agrícolas	131	118	731	28	81
Transporte	1109	1109	93566	91	24954
Maquinaria fuera de ruta	1178	1143	8964	35	9871
Otros (*)	174	157	1915	13	70

(*) Otros: Incendios forestales, emisiones biogénicas, rellenos sanitarios y tratamiento de aguas

Por otro lado, el Cuadro N° 1.10 presenta la estimación de emisiones de acuerdo a la declaración de emisiones disponibles en el sitio www.retc.cl.

Cuadro N° 1.10 Estimación de emisiones para la Región Metropolitana, según RETC

	MP10 Ton/año	MP2,5 Ton/año	CO Ton/año	SOx Ton/año	NOx Ton/año
Fuentes Fijas	154	110	2606	609	5188
Emisiones vehículos en ruta	1940	1711	111504	141	27841
Emisiones Quema de leña	4529	4216	70424	15	714

FUENTE: <http://datosretc.mma.gob.cl/dataset/emisiones-al-aire>

Las diferencias entre ambos inventarios se explican por distintos años bases y porque el estimado en RETC corresponde a la declaración que realizan las empresas según el D.S. N°1/2013 de MMA. A pesar de las diferencias en los valores, en ambos se determina que el principal aporte para MP10 y MP2,5 corresponde a las emisiones de Quema de Leña, para CO y NOx a las emisiones vehiculares y para SO2 al sector industrial.

1.9 REGIÓN DEL LIBERTADOR BERNARDO O'HIGGINS

La Región de O'Higgins está conformada por las provincias de Cachapoal, Cardenal Caro y Colchagua. La Región cuenta con una superficie de 16.387 km² y una población estimada por INE al año 2017 de 914.555 habitantes, con una densidad poblacional de 55,93 hab/km².

La principal fuente emisora de contaminantes atmosféricos en la Región corresponde a la Fundición Caletones de la División El Teniente de Codelco, la cual ha cumplido en forma satisfactoria las metas de reducción de emisiones de SO2 y MP10 establecidas en el Plan de Descontaminación decretado el año 1998 mediante el D.S. 081 de MINSEGPRES. La disminución de las emisiones se ha traducido en la disminución de las concentraciones de SO2 y MP10 en el área de influencia de la fundición.

En la Región, además se está monitoreando calidad de aire en las comunas de Codegua, Mostazal, Machalí, Rengo y San Fernando las primeras asociadas al seguimiento de centrales termoeléctricas.

Figura 1.77 Sectores con monitoreo de calidad de aire en la REGIÓN DE O'HIGGINS



El D.S N° 7, de 3 de febrero de 2009, del Ministerio Secretaría General de la Presidencia, declaró zona saturada por norma diaria y anual de MP10 al Valle Central de la Región de O'Higgins, que incluye totalmente a las siguientes comunas: Graneros, Rancagua, Doñihue, Olivar, Coltauco, Coinco, Quinta de Tilcoco, San Vicente de Tagua-Tagua y Placilla; e incluye parcialmente a las comunas de Mostazal, Codegua, Machalí, Malloa, Rengo, Requínoa, San Fernando y Chimbarongo.

En agosto de 2013, mediante D.S. N°15 del MMA se estableció un plan de descontaminación (PDA) para el Valle Central de la Región de O'Higgins, incluyendo los sectores definidos en la declaración de zona saturada del año 2009.

Las figuras presentan evaluación de cumplimiento de normas con la información disponible en SINCA. En la Región, al igual que en la mayoría de las ciudades del Sur de Chile, las concentraciones diarias más altas de MP10 y MP2,5 se producen en días fríos de invierno, asociado a malas condiciones de dispersión y aumento de quema de leña para calefacción.

De acuerdo a lo presentado en la Figura 1.78, durante el año 2018 las estaciones Rancagua1, Rengo y San Fernando registran un percentil 98 de las concentraciones diarias de MP10 inferiores al nivel de latencia por norma diaria. En cambio, la estación Rancagua2, con un percentil 98 de 132 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$, está en rango de Latencia por norma diaria. Entre los años 2011 y 2015 la estación Rancagua1 registró un percentil 98 sobre el valor de la norma diaria.

Respecto al promedio anual de MP10 la Figura 1.79 muestra una disminución de los promedios trianuales de MP10 para el período 2016-2018 respecto a años anteriores, siendo más significativa para las estaciones de Rancagua, pero se supera el nivel de la norma anual. La estación Rancagua1 tiene el valor más alto con 64 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$. En cambio, en Rengo y San Fernando con promedios trianuales de 42 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ y 41 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ respectivamente para 2016-2018, no se supera la norma, pero se alcanza niveles de latencia.

Figura 1.78 Cumplimiento de norma diaria de MP10 en estaciones de Región de O'Higgins

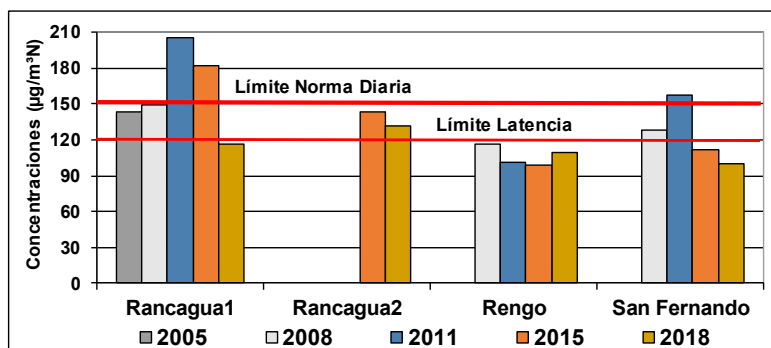
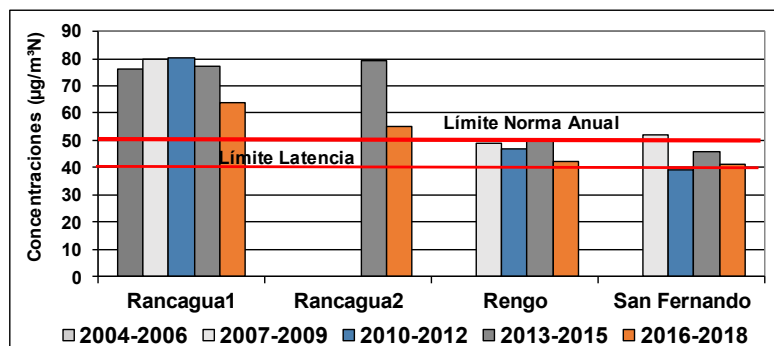


Figura 1.79 Cumplimiento de norma anual de MP10 en estaciones de Región de O'Higgins



De acuerdo a la Figura 1.80, en el año 2018 el percentil 98 de las concentraciones diarias de MP2,5 supera ampliamente la norma diaria en las 4 estaciones, con un valor más alto en Rancagua 2 con 99 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ y menor en San Fernando con 63 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Respecto al cumplimiento de la norma anual de MP2,5 presentado en la Figura 1.81, a pesar de una disminución en los promedios trianuales de MP2,5 en Rancagua 1 hasta 23 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ y Rancagua 2 hasta 28 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ se mantiene la superación de la norma anual, al igual que en la estación Rengo con 22 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. La estación San Fernando queda en nivel de latencia con 19 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, muy próximo al valor de superación de la norma.

Figura 1.80 Cumplimiento de norma diaria de MP2,5 en estaciones de Región de O'Higgins

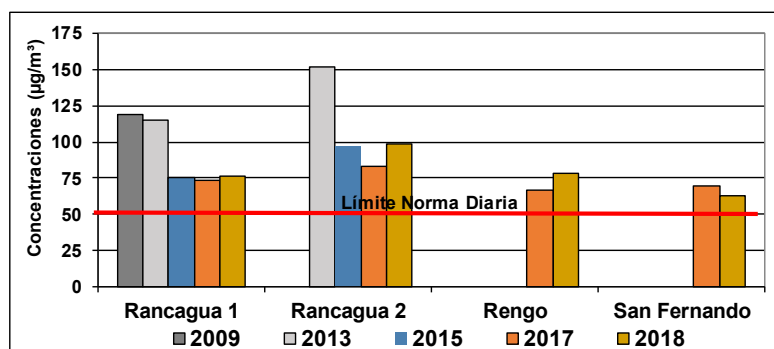
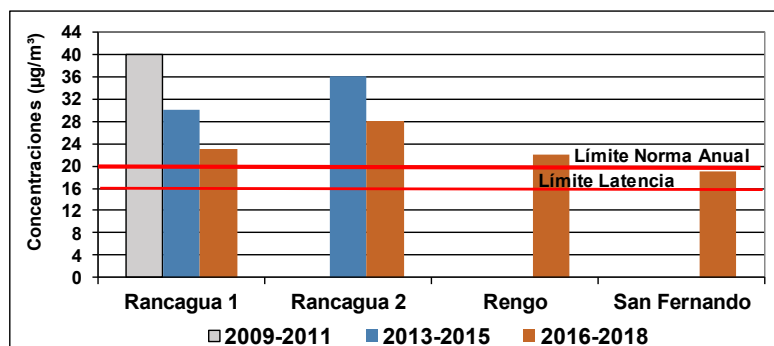


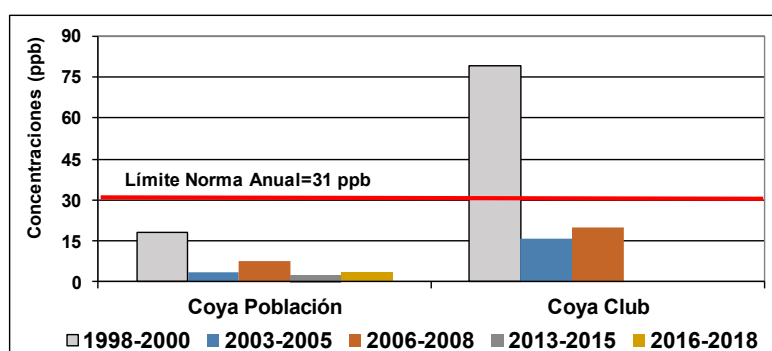
Figura 1.81 Cumplimiento de norma anual de MP2,5 en estaciones de Región de O'Higgins



La División El Teniente de CODELCO-Chile mantiene en operación una red de monitoreo de calidad de aire, asociada al Plan de Descontaminación que se implementó en 1998. La reducción de emisiones en la Fundición Caletones ha permitido disminuir los promedios anuales y reducir los casos de superación de la norma diaria por SO₂.

La información disponible permite verificar la disminución de emisiones y el cumplimiento de la norma para SO₂ en la estación Coya población, considerada con representación poblacional. Las concentraciones han disminuido con la implementación del plan de descontaminación. El promedio anual para período 1998-2000 alcanzó a 16 ppb y para el período 2016-2018 fue de 3 ppb, es decir un 10% de la norma. La Figura 1.82 muestra además la significativa reducción del promedio anual en la estación Coya Club de Campo de 79 ppb (326% norma) en el período 1998-2000 hasta 20 ppb en el período 2006-2008, bajo la norma anual.

Figura 1.82 Cumplimiento norma anual de SO₂ en estaciones red Caletones



*Coya Club solo registra mediciones hasta el año 2008 (luego promedio corresponde a período 2006-2008)

De acuerdo a la información revisada en el portal de SINCA, para la estación Rancagua1 las concentraciones de NO₂, SO₂ y O₃ han registrado valores muy por debajo de las normas. En cambio, en las estaciones Rengo, San Fernando y Mostazal las concentraciones de 8 horas de ozono son cercanas al 50% de la norma de 8 horas establecida en 61 ppb.

De acuerdo a los registros de emisiones disponibles en el sitio www.retc.cl el principal aporte para MP₁₀, MP_{2,5} y CO proviene de las emisiones de quema de leña. Para SO₂ la mayor contribución corresponde a las fuentes fijas y para NO_x a las emisiones vehiculares.

Cuadro N° 1.11 Estimación de emisiones para la Región de O'Higgins

	MP ₁₀ Ton/año	MP _{2,5} Ton/año	CO Ton/año	SO _x Ton/año	NO _x Ton/año
Fuentes Fijas	2122	1566	1516	53825	1728
Emisiones vehículos en ruta	75	70	7437	5	2159
Emisiones Quema de leña	3039	2829	59717	30	1021

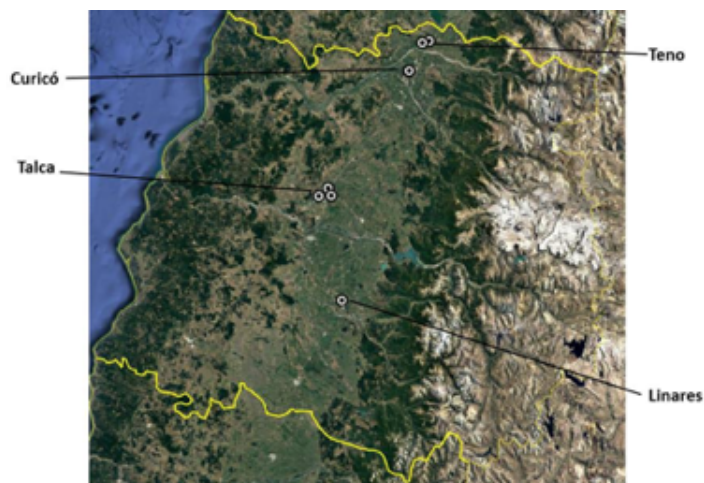
FUENTE: <http://datosretc.mma.gob.cl/dataset/emisiones-al-aire>

1.10 REGIÓN DEL MAULE

La Región del Maule está conformada por las provincias de Cauquenes, Curicó, Linares y Talca. La Región cuenta con una superficie de 30.269 km² y una población estimada por el INE al año 2017 de 1.044.555 habitantes y una densidad poblacional de 34,47 hab/km².

La información recopilada para esta Región corresponde a las concentraciones registradas en ciudades entre los años 2004 y 2018 de estaciones públicas disponibles en el portal de SINCA, como también desde la información incluida en el Plan de descontaminación para Talca y Maule. La ubicación de los sectores de monitoreo se ilustra en la Figura 1.83.

Figura 1.83 Sectores con monitoreo en la Región del Maule

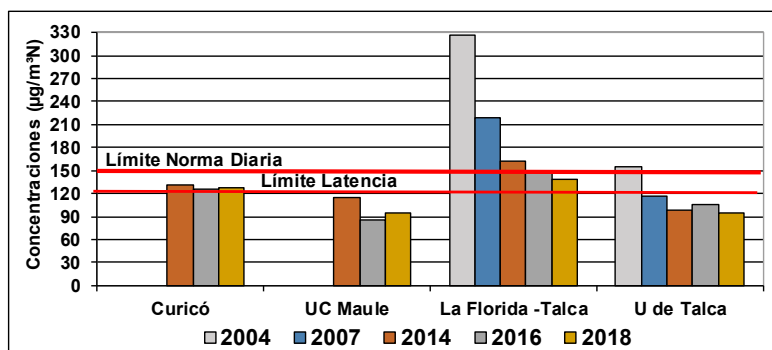


Las comunas de Talca y Maule fueron declaradas saturadas por norma diaria y anual de MP10 en febrero de 2010 mediante el D.S. N°12 de MINSEGPRES. Transcurridos 6 años, mediante el D.S. N°49 de MMA promulgado en marzo de 2016 se establece un plan de descontaminación para estas dos comunas.

El Valle central de la provincia de Curicó fue declarado saturado por la norma diaria de MP2,5 mediante el D.S. N°53, promulgado en marzo de 2016.

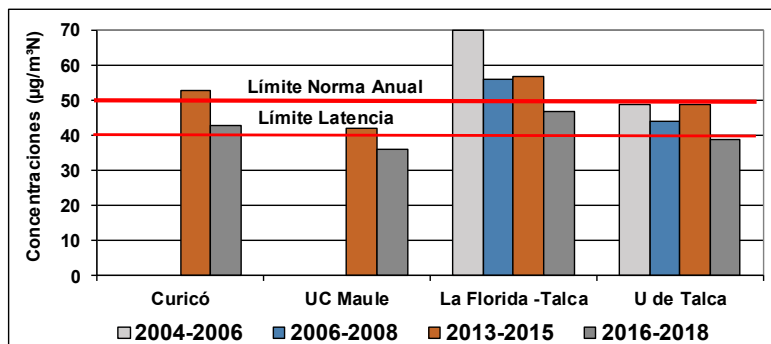
En la Figura 1.84 se observa que el percentil 98 de las concentraciones diarias en la estación Curicó se ha mantenido en el rango de latencia con valores cercanos a 130 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$. Las estaciones UC Maule y U de Talca permanecen bajo el límite latencia durante los últimos años, con un valor de 95 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ en el año 2018. En cambio, la estación La Florida en Talca ha experimentado una significativa disminución, desde un registro de 327 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ en 2004 hasta un valor de 139 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ en 2018, correspondiente al rango de latencia.

Figura 1.84 Cumplimiento de norma diaria de MP10 en estaciones de Región del Maule



Respecto a la norma anual, en la Figura 1.85 se aprecia una reducción de concentraciones en el trienio 2016-2018 en todas las estaciones respecto a las concentraciones de años anteriores quedando las estaciones Curicó y La Florida en rango de latencia y las estaciones UC Maule y U de Talca bajo ese límite. El promedio trianual 2016-2018 más alto se registró en la estación La Florida-Talca con 47 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$.

Figura 1.85 Cumplimiento de norma anual de MP10 en estaciones de Región del Maule



A mediados de 2015 se contó con mediciones de MP2,5 en Linares constatándose que se supera la norma diaria de MP2,5 al igual que en las estaciones Curicó, UC Maule, La Florida y U de Talca. De acuerdo a lo presentado en la Figura 1.86, en el año 2018 el rango del percentil 98 varía desde 79 µg/m³ en la U de Maule hasta 138 µg/m³ en Linares. Respecto a la norma anual la Figura 1.87 muestra que las estaciones Curicó, La Florida y Linares superan la norma, siendo la estación Linares la que registra el promedio más alto, con 30 µg/m³ para el periodo 2016-2018. Las estaciones UC maule y U de Talca están en el rango de latencia.

Figura 1.86 Cumplimiento de norma diaria de MP2,5 en estaciones de Región del Maule

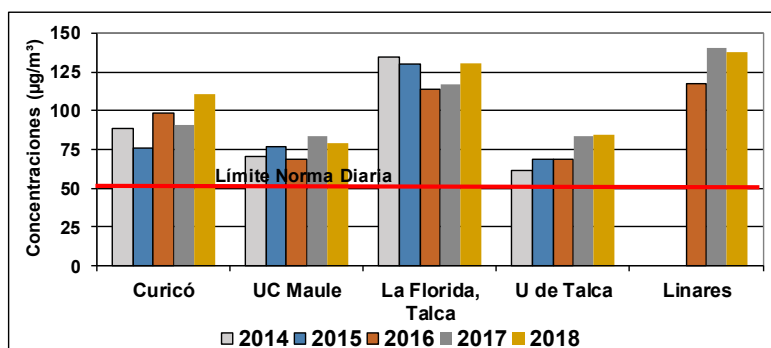
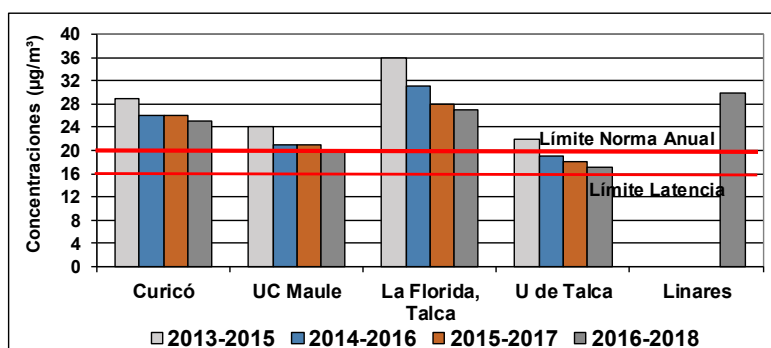


Figura 1.87 Cumplimiento de norma anual de MP2,5 en estaciones de Región del Maule



De acuerdo a los registros de emisiones disponibles en el sitio www.retc.cl el principal aporte para MP10, MP2,5 y CO corresponde a la quema de leña. En cambio, para SO2 y NOx el aporte proviene de las fuentes fijas.

Cuadro N° 1.12 Estimación de emisiones para la Región del Maule

	MP10 Ton/año	MP2,5 Ton/año	CO Ton/año	SOx Ton/año	NOx Ton/año
Fuentes Fijas	355	297	7151	3329	4224
Emisiones vehículos en ruta	82	77	5205	3	1145
Emisiones Quema de leña	7033	6548	119026	29	1120

FUENTE: <http://datosretc.mma.gob.cl/dataset/emisiones-al-aire>

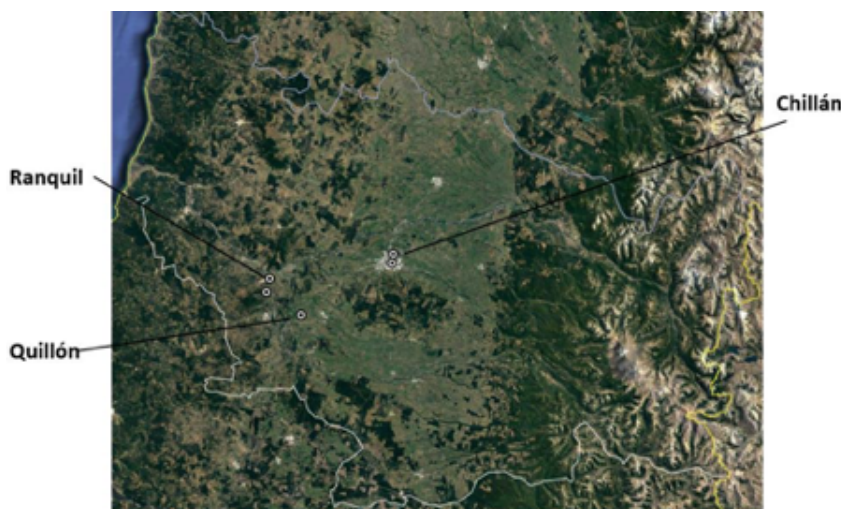
1.11 REGIÓN DE ÑUBLE

La Región está compuesta por las provincias de Itata, Diguillín, y Punilla, siendo la capital regional la ciudad de Chillán. La Región fue segregada de la antigua Región del Biobío mediante la Ley N° 21.033 del 05 de septiembre de 2017, entrando en vigencia el 6 de septiembre de 2018. Tiene una superficie de 13.178 km² y una población estimada por el INE al año 2017 de 480.609 habitantes con una densidad poblacional de 36,67 hab/km².

Desde 2008 se realizan mediciones de MP10 en la estación INIA de Chillán, incorporándose mediciones de MP2,5 en 2009. En 2012 se efectúan mediciones de MP10 y MP2,5 en la estación Purén, también ubicada en Chillán. Tanto INIA como Purén son estaciones públicas de la red de la SEREMI de Medio Ambiente.

En SINCA se reporta información de la estación Nueva Aldea en la Comuna de Ranquil y de una estación en la Comuna de Quillón correspondientes a redes privadas. La estación Nueva Aldea tiene mediciones de MP10, SO₂, CO, NO₂ y O₃ desde diciembre de 2014 hasta enero de 2017 pero la información no está validada por lo cual no puede ser usada para evaluación de normas. La misma situación aplica para la estación Quillón con mediciones sin validar de SO₂, CO, NO₂ y O₃.

Figura 1.88 Sectores con monitoreo de calidad de aire en la Región de Ñuble



El D.S. N°36/2013 declaró a las comunas de Chillán y Chillán Viejo zonas saturadas por material particulado respirable MP10 y MP2,5 por exceder las normas diarias de MP10 y MP2,5. Además, las declaró zona latente por la norma anual de MP10. Posteriormente, mediante el D.S. N°48/2016 de MMA se estableció un Plan de descontaminación para las Comunas de Chillán y Chillán Viejo.

La estación INIA en Chillán usada para Plan, tiene extensos períodos sin datos entre 2014 y 2016, que no permiten evaluar las normas de MP10 en ese período. En 2018 respecto a la norma diaria, el percentil 98 está en el límite de latencia con 133 µg/m³N y el promedio 2016-2018 de 33 µg/m³N está bajo el nivel de latencia en referencia a la norma anual. En cambio, en 2018 la estación Purén está sobre el nivel de la norma diaria de MP10 con un percentil 98 de 220 µg/m³N y en el límite de la norma anual, con un promedio trianual de 50 µg/m³N para 2016-2018, de acuerdo a lo presentado en la Figura 1.89 y en la Figura 1.90.

Figura 1.89 Cumplimiento de norma diaria de MP10 en estaciones de Región de Ñuble

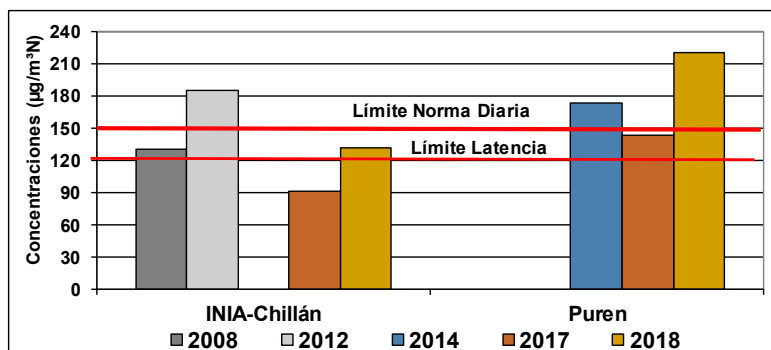
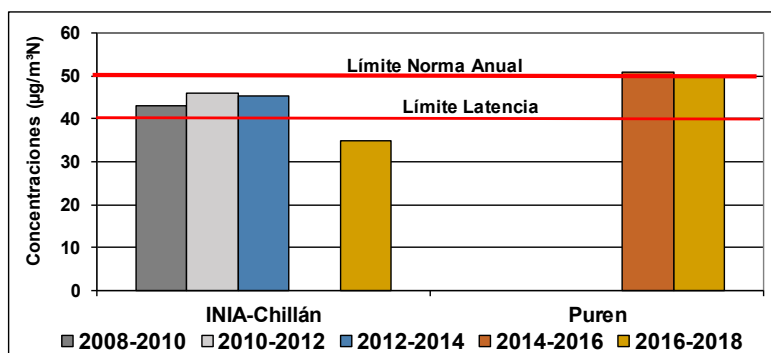


Figura 1.90 Cumplimiento de norma anual de MP10 en estaciones de Región de Ñuble



Las concentraciones de MP2,5 tanto en Chillán como en Puren superan las normas, diaria y anual de MP2,5. Incluso se aprecia un aumento del percentil 98 en ambas estaciones alcanzando en 2018 un valor de 77 µg/m³ en Chillán y 195 µg/m³ en Puren. Respecto a la norma anual, se observa un descenso de los promedios en Chillán hasta 21 µg/m³ y un aumento en Puren que alcanza a 35 µg/m³ en el trienio 2016-2018. El comportamiento de las concentraciones de MP2,5 se aprecia en la Figura 1.91 y en la Figura 1.92.

Figura 1.91 Cumplimiento de norma diaria de MP2,5 en estaciones de Región de Ñuble

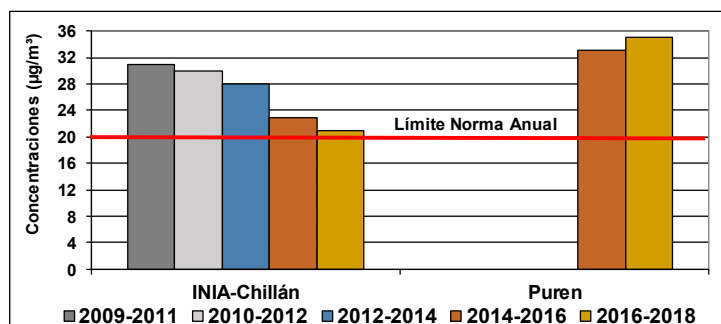
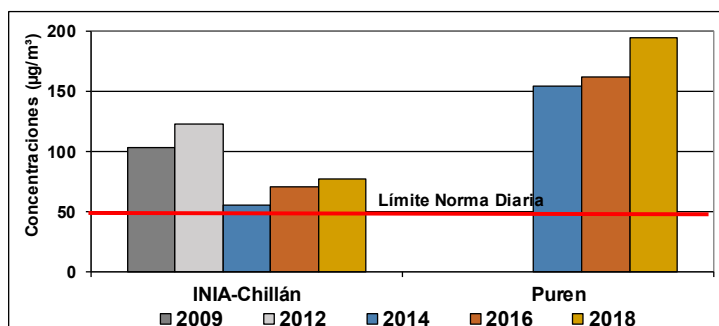


Figura 1.92 Cumplimiento de norma anual de MP2,5 en estaciones de Región de Ñuble

En la Región de Ñuble las principales fuentes emisoras están asociadas al sector forestal, plantas de celulosa y la quema de leña para calefacción residencial. De acuerdo a los registros de emisiones disponibles en el sitio www.retc.cl el principal aporte para MP10, MP2,5 y CO corresponde a la quema de leña. En cambio, para SO₂ y NO_x el aporte proviene principalmente de las fuentes fijas.

Cuadro N° 1.12 Estimación de emisiones para la Región del Maule

	MP10 Ton/año	MP2,5 Ton/año	CO Ton/año	SO _x Ton/año	NO _x Ton/año
Fuentes Fijas	603	576	10135	3381	3529
Emisiones vehículos en ruta	45	41	3378	2	9
Emisiones Quema de leña	10275	9566	173895	46	1576

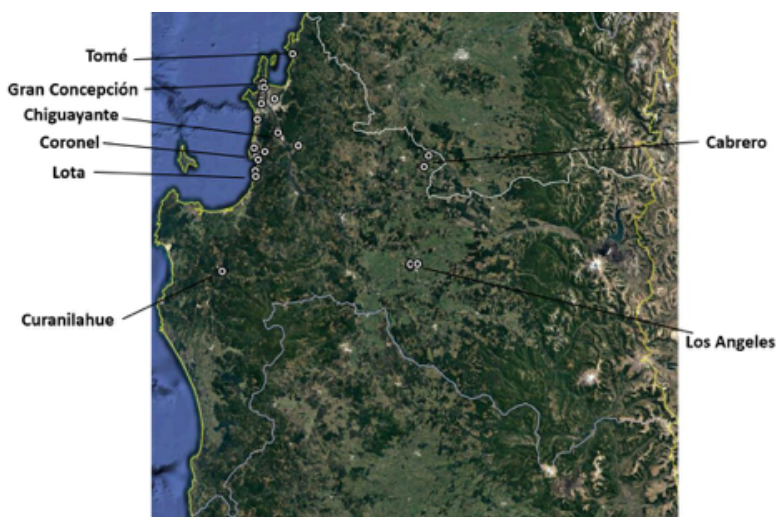
FUENTE: <http://datosretc.mma.gob.cl/dataset/emisiones-al-aire>

1.12 REGIÓN DEL BIOBÍO

La Región del Biobío desde el 6 de septiembre de 2018, está conformada por las provincias de Arauco, Biobío y Concepción. Cuenta con una superficie de 23.890 km² y una población estimada por INE al año 2017 de 1.556.805 habitantes con una densidad poblacional de 64,95 hab/km².

Las fuentes emisoras individuales más importantes del Gran Concepción corresponden en Talcahuano, a las instalaciones de Petrox, Siderúrgica Huachipato, Cementos Biobío y un conjunto de industrias petroquímicas y pesqueras. En Coronel a la Central Térmica Bocamina y un conjunto de empresas pesqueras; en Laraquete se encuentra la Planta de Celulosa Arauco; y hacia el interior del curso del Río Biobío las plantas de Celulosa del Pacífico y la industria papelería Inforsa en Laja. Los sectores con monitoreo se presentan en la Figura 1.93.

Figura 1.93 Sectores con monitoreo de calidad de aire en la Región del Biobío



El D.S. N°11/2015 de MMA declaró a la comuna de Los Ángeles zona saturada por material particulado respirable MP10 y MP2,5 por exceder norma diaria de MP10 y MP2,5. Estableciendo en febrero de 2017 un Plan de descontaminación atmosférica para esta comuna.

Las figuras siguientes muestran el grado de cumplimiento de las normas de MP10 y MP2,5 desde el año 2013, en las estaciones de monitoreo 21 de Mayo y Los Ángeles Oriente. Se seleccionaron algunos años en función de la cantidad de datos disponibles, de modo que permitieran la evaluación de las normas. La estación Los Ángeles Oriente no tiene datos en el SINCA desde el año 2014.

En la Figura 1.94 y en la Figura 1.95 se aprecia que en la estación 21 de Mayo se continua superando la norma diaria y anual de MP10, con un aumento del percentil 98 de MP10 en 2018 que alcanzó a 217 µg/m³N. En 2013 el valor del percentil 98 en la estación Los Ángeles Oriente fue inferior al nivel de latencia y alrededor de un 40% menor al registro de la estación 21 de Mayo, lo que indicaría diferencias significativas de concentraciones en distintos sectores de Los Ángeles. Respecto a la norma anual de MP10, esta es superada aproximadamente en un 10% desde el año 2015, con una leve disminución en 2017 y 2018, en que alcanzó a 53 µg/m³N.

Figura 1.94 Cumplimiento de norma diaria de MP10 en estaciones de Los Ángeles

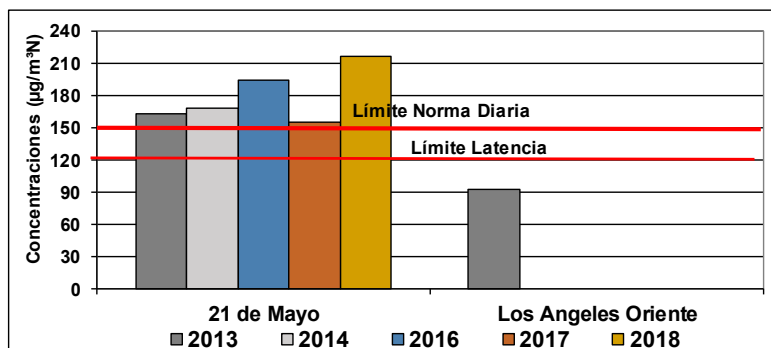
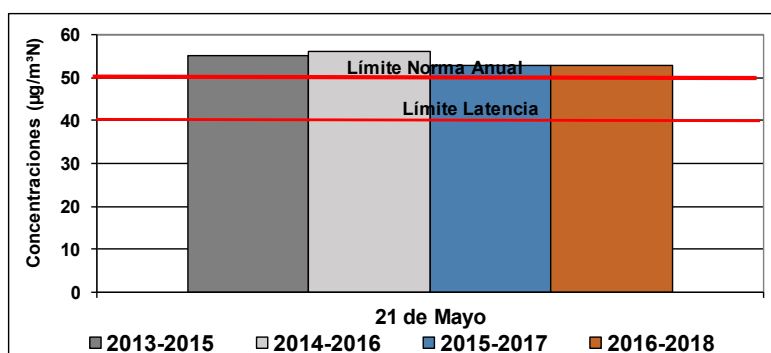


Figura 1.95 Cumplimiento de norma anual de MP10 en estaciones de Los Ángeles



En la Figura 1.96 y en la Figura 1.97 se aprecia que en las estaciones 21 de Mayo y Los Ángeles Oriente se continua superando las normas, diaria y anual de MP2,5. Se observa que a pesar de las medidas que se están implementando del PDA, en 2018 hay un aumento del percentil 98 de MP2,5 en ambas estaciones. En la estación 21 de Mayo alcanza a $189 \mu\text{g}/\text{m}^3$, con un aumento constante del promedio trianual de MP2,5 que alcanza a $32 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en el trienio 2016-2018. A diferencia de lo anterior, la estación Los Ángeles Oriente muestra una disminución de las concentraciones en el trienio 2016-2018 registrando un valor $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Considerando que desde el 2015 se ha constatado la superación de la norma anual de MP2,5 y MP10, debería haberse incluido la norma anual en la declaración de Zona Saturada para los Ángeles.

Figura 1.96 Cumplimiento de norma diaria de MP2,5 en estaciones de Los Ángeles

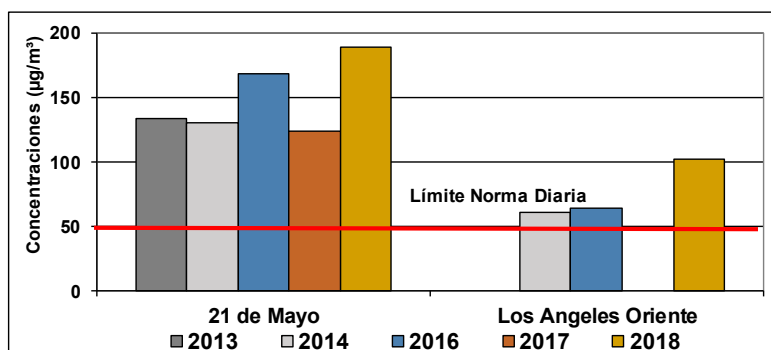
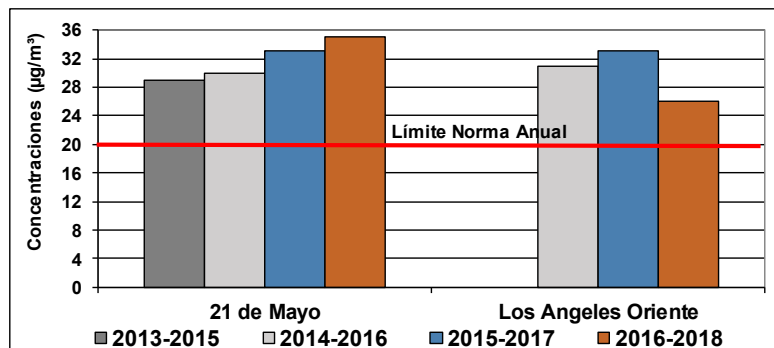


Figura 1.97 Cumplimiento de norma anual de MP2,5 en estaciones de Los Ángeles



El D.S. N°15/2015 del MMA declaró a las comunas de Lota, Coronel, San Pedro de la Paz, Hualqui, Chiguayante, Concepción, Penco, Tomé, Hualpén y Talcahuano zonas saturadas por material particulado fino respirable MP2 5 por exceder la norma diaria. A la fecha del presente informe no se ha publicado un PDA.

La información de calidad de aire recopilada desde SINCA para el resto de las estaciones de la región corresponde, en su mayoría, a las estaciones públicas del MMA.

Respecto a la norma diaria del MP10, de acuerdo a lo presentado en la Figura 1.98, las estaciones con datos de percentil 98 actualizados al año 2018 no superan la norma, pero si están en el nivel de latencia San Vicente, Inpesca, Coronel Sur y Coronel Norte. En referencia a la norma anual de MP10, para el periodo 2016-2018, las estaciones Coronel Sur, Nueva Libertad y San Vicente, superan levemente la norma anual con valores entre 51 y 52 µg/m³N.

Figura 1.98 Cumplimiento de norma diaria de MP10 en estaciones de Región del Biobío

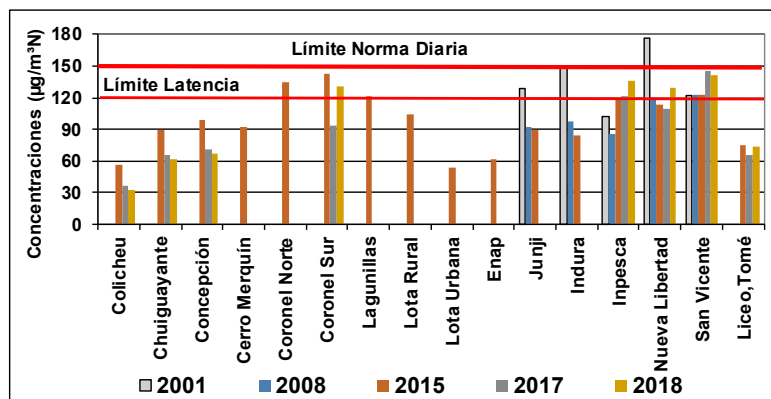
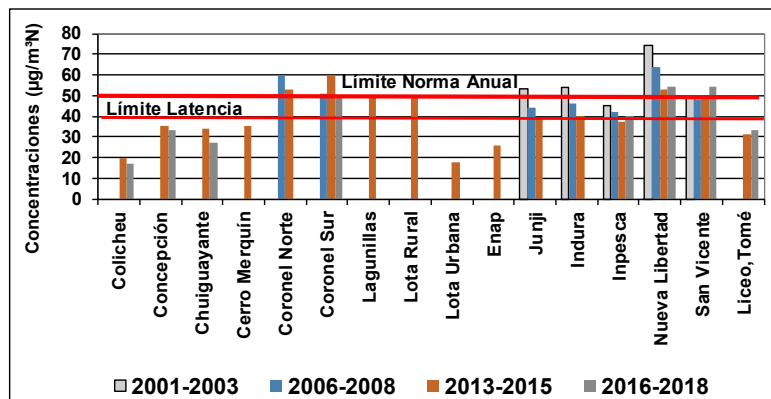


Figura 1.99 Cumplimiento de norma anual de MP10 en estaciones de Región del Biobío



Desde el año 2013 se reportan concentraciones de MP_{2,5} en Concepción, Chiguayante, Cerro Merquín en Coronel, Nueva Libertad en Talcahuano, Consultorio de San Vicente, Liceo Polivalente en Tomé y Balneario en Curanilahue. La Figura 1.100 muestra que, en Nueva Libertad, Consultorio de San Vicente, Liceo Polivalente y Balneario en Curanilahue se supera la norma diaria de MP_{2,5} el año 2018, siendo la estación en Curanilahue la que presenta el percentil 98 más alto con 109 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Respecto a la norma anual de MP_{2,5}, la Figura 1.101 muestra que en las estaciones Nueva Libertad, Consultorio de San Vicente y Balneario en Curanilahue se supera la norma anual de MP_{2,5} en el trienio 2016-2018, registrándose el promedio trianual más alto en la estación Curanilahue con 33 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Figura 1.100 Cumplimiento de norma diaria de MP_{2,5} en estaciones de Región del Biobío

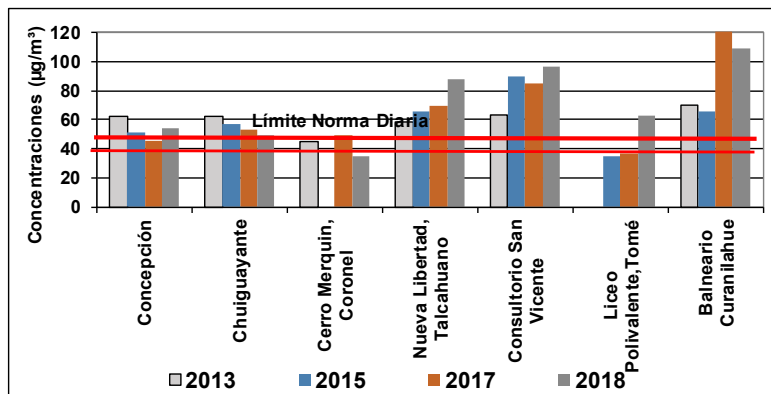
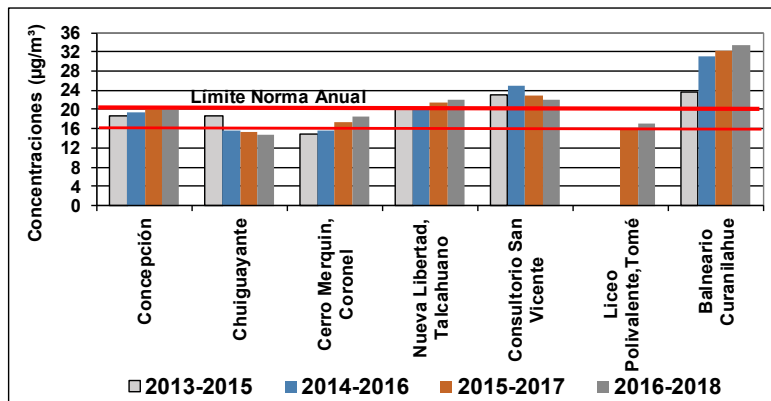


Figura 1.101 Cumplimiento de norma anual de MP_{2,5} en estaciones de Región del Biobío



De acuerdo a los registros de emisiones disponibles en el sitio www.retc.cl el principal aporte para MP₁₀, MP_{2,5} y CO corresponde a la quema de leña. En cambio, para SO₂ y NO_x el mayor aporte proviene de las fuentes fijas.

Cuadro N° 1.12 Estimación de emisiones para la Región del Maule

	MP ₁₀ Ton/año	MP _{2,5} Ton/año	CO Ton/año	SO _x Ton/año	NO _x Ton/año
Fuentes Fijas	2194	1799	83905	20620	18407
Emisiones vehículos en ruta	400	374	19143	18	100
Emisiones Quema de leña	13107	12202	221819	59	2011

FUENTE: <http://datosretc.mma.gob.cl/dataset/emisiones-al-aire>

1.13 REGIÓN DE LA ARAUCANÍA

La Región de La Araucanía está conformada por las provincias de Cautín y Malleco. Cuenta con una superficie de 31.858 km² y una población estimada por el INE al año 2017 de 957.224 habitantes, con una densidad poblacional de 30.6 hab/km², Temuco, la capital provincial, es una de las ciudades con mayor crecimiento durante la última década.

En julio del año 2000, se inició la operación de la estación de monitoreo Las Encinas (Temuco), para posteriormente en marzo de 2004, instalarse en ese mismo lugar, una estación más completa y moderna, con el aporte de la Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación (COSUDE) y MINSAL. En abril de 2002, se puso en marcha la estación de monitoreo Padre Las Casas, la cual fue reubicada dentro de la misma comuna en 2012. En enero de 2009 inició el funcionamiento una estación en el Museo Ferroviario, la cual fue reubicada en mayo de 2017 en el Centro Deportivo Ñielol. La Figura 1.102 ilustra la ubicación de las comunas con monitoreo en la Región de la Araucanía.

Figura 1.102 Sectores con monitoreo de calidad de aire en la Región de la Araucanía

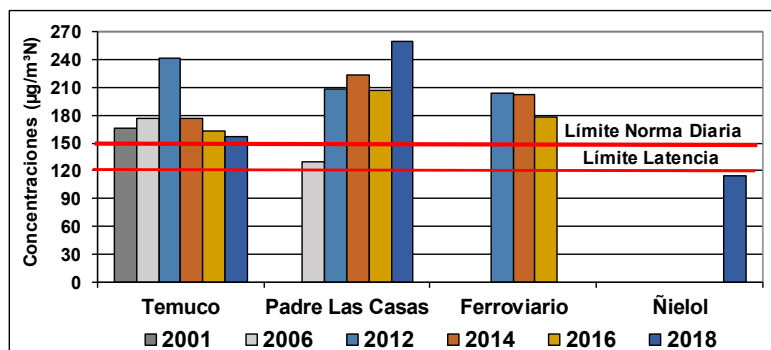


El D.S. N°35/2005 de MINSEGPRESS declaró a las comunas de Temuco y Padre Las Casas saturadas por superación de la norma diaria de MP10. Por este motivo, en junio de 2010 el D.S. N° 78 de MINSEGPRES estableció un plan de descontaminación atmosférica (PDA).

El D.S. N°2/2013 del MMA declaró a las comunas de Temuco y Padre Las Casas saturadas por superación de la norma diaria de MP2,5. Por este motivo, en octubre de 2015 se publicó el D.S. N° 12 de MMA que estableció un PDA por MP2,5. Entre las medidas incorporadas en el plan de descontaminación, está la restricción de quema de leña domiciliaria, en ciertos sectores de las comunas, en días de episodios de altas concentraciones de MP2,5.

Desde que hay mediciones, en las estaciones Las Encinas, Padre Las Casas y Museo Ferroviario se ha superado ampliamente la norma diaria de MP10 y MP2,5, situación ilustrada en la Figura 1.103 y en la Figura 1.105. En Las Encinas (Temuco) se aprecia una disminución del percentil 98 tanto de MP10 como de MP2,5 desde 2012, probablemente asociado a las medidas de reducción de emisiones de quema de leña. En Padre Las Casas se observa un aumento de las concentraciones, lo que estaría asociado a la reubicación de la estación en otro sector de la comuna que registraría concentraciones más altas. Por otro lado, la estación Museo Ferroviario se reubicó cerca del cerro Ñielol, en un sector con menores concentraciones, incluso bajo el límite de latencia por norma diarias de MP10. En 2018, el percentil 98 de las concentraciones diarias de MP10 alcanzó a 157 µg/m³N en Las Encinas (Temuco), 259 µg/m³N en Padre Las Casas y 114 µg/m³N en Ñielol. También en 2018, el percentil 98 de MP2,5 fue 146 µg/m³ en Las Encinas, 233 µg/m³ en Padre Las Casas y 116 µg/m³ en la estación Ñielol.

Figura 1.103 Cumplimiento de norma diaria de MP10 en estaciones de Región de La Araucanía



Al revisar el promedio anual de MP10, se aprecia una disminución en Las Encinas (Temuco) desde 2012 a la fecha, pasando de superación de la norma a nivel de latencia con $46 \mu\text{g}/\text{m}^3$. En Padre Las Casas la situación es contraria, al reubicarse la estación, se pasó de un nivel de latencia a superación de la norma, con un promedio trianual de $59 \mu\text{g}/\text{m}^3$ para el periodo 2016-2018. En la estación Museo Ferroviario, las concentraciones se mantuvieron sobre la norma anual entre 2010 y 2015. Al reubicarse esa estación en el sector de Cerro Ñielol, las concentraciones muestran valores significativamente alcanzando a $31 \mu\text{g}/\text{m}^3$, situación ilustrada en la Figura 1.104.

La norma anual de MP2,5 es superada en todas las estaciones, pero se mantienen las tendencias del MP10, con una disminución desde el trienio 2011-2013 hasta un valor de $31 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en Las Encinas (Temuco) para 2016-2018, aumento en Padre Las Casas hasta $46 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en 2016-2018 y un valor de $21 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en la estación emplazada actualmente cerca del Cerro Ñielol. Los promedios trianuales de MP2,5 se presentan en la Figura 1.106

Figura 1.104 Cumplimiento de norma anual de MP10 en estaciones de Región de La Araucanía

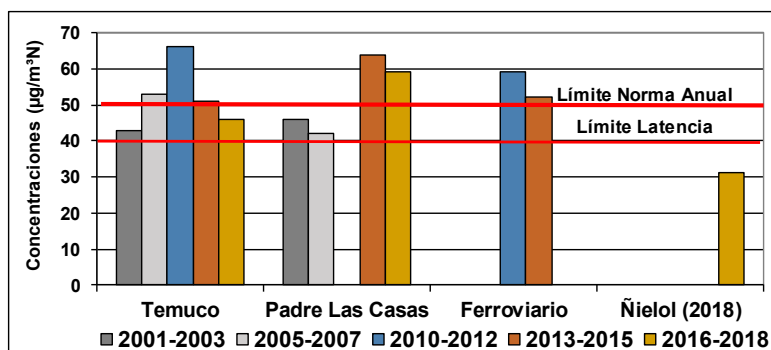


Figura 1.105 Cumplimiento de norma diaria de MP2,5 en estaciones de Región de La Araucanía

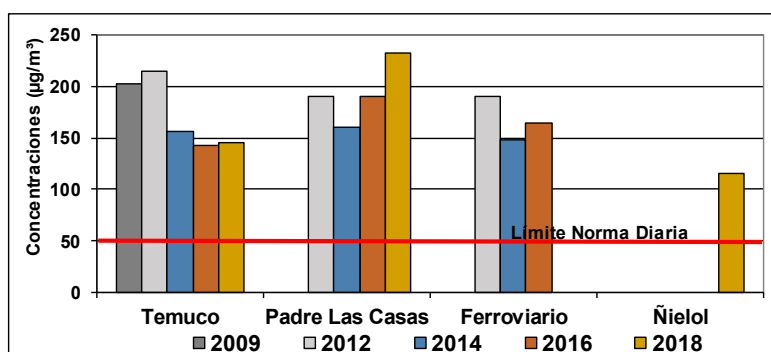
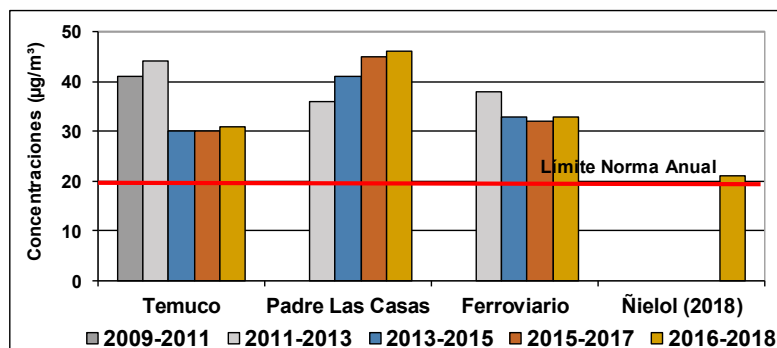


Figura 1.106 Cumplimiento de norma anual de MP2,5 en estaciones de Región de La Araucanía



De acuerdo a los registros de emisiones disponibles en el sitio www.retc.cl el principal aporte para MP10, MP2,5, CO y NOx corresponde a la quema de leña. En cambio, para SO2 el mayor aporte proviene de las fuentes fijas.

Cuadro N° 1.15 Estimación de emisiones para la Región de La Araucanía

	MP10 Ton/año	MP2,5 Ton/año	CO Ton/año	SOx Ton/año	NOx Ton/año
Fuentes Fijas	376	332	4720	731	1802
Emisiones vehículos en ruta	159	150	11520	5	2708
Emisiones Quema de leña	19010	17698	338166	84	3109

FUENTE: <http://datosretc.mma.gob.cl/dataset/emisiones-al-aire>

1.14 REGIÓN DE LOS RÍOS

La Región de Los Ríos está conformada por las provincias de Valdivia y del Ranco. Cuenta con una superficie de 18.430 km² y una población estimada por el INE al año 2017 de 384.837 habitantes, con una densidad poblacional de 21,07 hab/km². La Región surgió el 2 de octubre de 2007, al entrar en vigor la ley N° 20 174.

En Valdivia, MINSAL instaló una estación para monitoreo continuo de MP2,5 y MP10 en enero de 2008, posteriormente el MMA instaló, en octubre de 2017, una estación en La Unión para medición de MP2,5 y en septiembre de 2018 una segunda estación en Valdivia para medición de MP10 y MP2,5. La ubicación de las zonas con monitoreo se ilustra en la Figura 1.107, la cual incluye la comuna de Máfil donde realiza monitoreo la empresa Celulosa Arauco.

Figura 1.107 Sectores con monitoreo en la Región de los Ríos



En junio de 2014, el D.S. N°17 de MMA declaró a la comuna de Valdivia zona saturada por superación de norma diaria y anual de MP10 y por superación de norma diaria de MP2,5. En junio de 2017, el D.S. N°25 de MMA estableció un Plan de descontaminación para la Comuna.

De acuerdo a lo presentado en la Figura 1.108, desde 2008, con excepción del año 2014, se ha superado la norma diaria de MP10 registrándose un percentil 98 de MP10 de 167 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ en el 2018. La norma anual de MP10 se ha superado levemente durante el período de monitoreo, sin grandes variaciones, registrando un promedio de 51 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ para el trienio 2016-2018 de acuerdo a lo presentado en la Figura 1.109.

Figura 1.108 Cumplimiento de norma diaria de MP10 en Valdivia

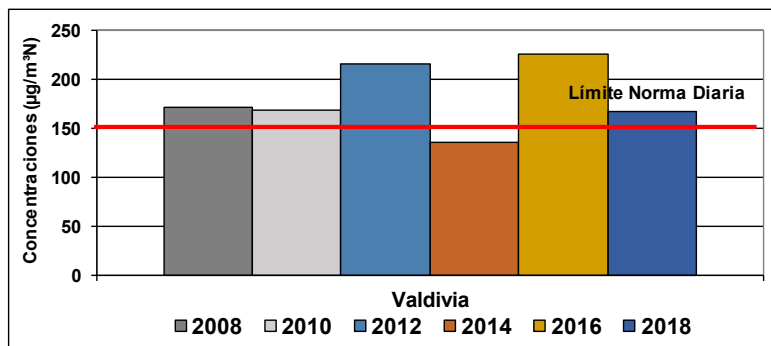
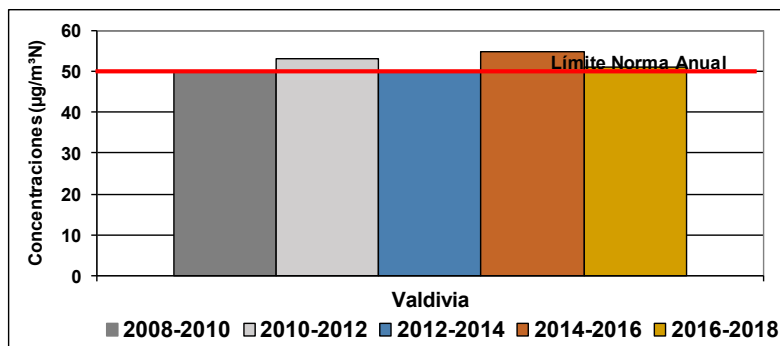


Figura 1.109 Cumplimiento de norma anual de MP10 en Valdivia



Las concentraciones de MP2,5 superan holgadamente las normas diaria y anual, en comparación al MP10. Se bien se observan valores menores en los últimos años respecto al periodo 2009 -2011, a partir de 2012 no se observa una tendencia clara a continuar disminuyendo. En el año 2018 el percentil 98 de MP2,5 en la estación Valdivia fue 150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ y 101 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en la estación La Unión, lo cual está ilustrado en la Figura 1.110.

Por otro lado, al igual que el percentil 98 de MP2,5 el promedio trianual de MP2,5 también muestra un notorio descenso después del trienio 2010-2012. Sin embargo, posteriormente los promedios no han continuado descendiendo, muestran una tendencia a subir ligeramente, manteniéndose sobre la norma anual. Para el trienio 2016-2018 el promedio de MP2,5 es 36 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ y 27 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en La Unión situación ilustrada en la Figura 1.111.

Figura 1.110 Cumplimiento de norma diaria de MP2,5 en Valdivia y La Unión

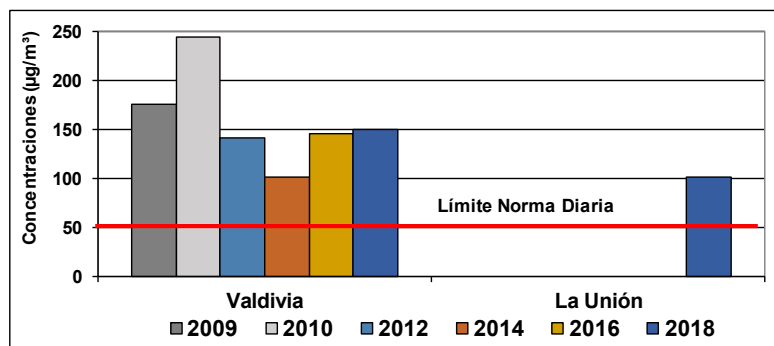
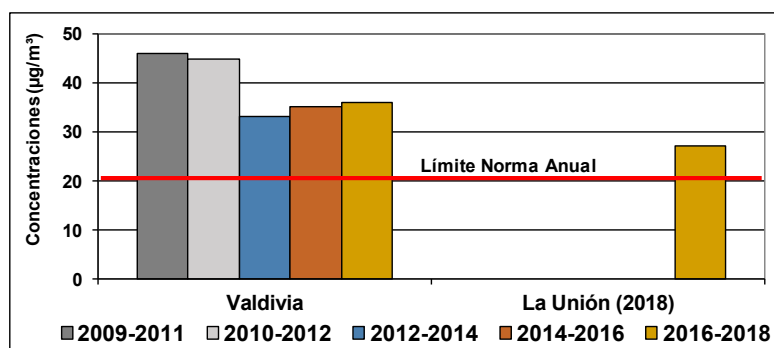


Figura 1.111 Cumplimiento de norma anual de MP2,5 en Valdivia y La Unión



De acuerdo a los registros de emisiones disponibles en el sitio www.retc.cl el principal aporte para MP10, MP2,5, CO y NOx corresponde a la quema de leña. En cambio, para SO2 el mayor aporte proviene de las fuentes fijas.

Cuadro N° 1.16 Estimación de emisiones para la Región de Los Ríos

	MP10 Ton/año	MP2,5 Ton/año	CO Ton/año	SOx Ton/año	NOx Ton/año
Fuentes Fijas	815	721	5125	1494	1797
Emisiones vehículos en ruta	36	34	2574	1	806
Emisiones Quema de leña	12813	11929	266750	76	2351

FUENTE: <http://datosretc.mma.gob.cl/dataset/emisiones-al-aire>

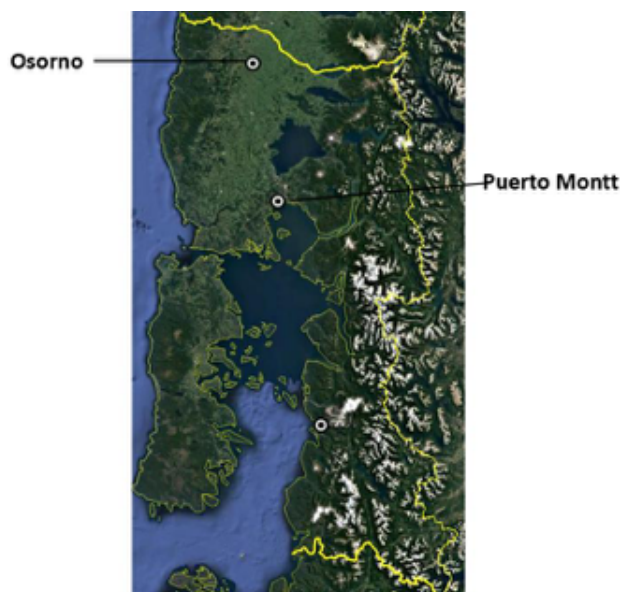
1.15 REGIÓN DE LOS LAGOS

La Región de Los Lagos está conformada por las provincias de Chiloé, Llanquihue, Osorno y Palena. Cuenta con una superficie de 48.584 km² y una población estimada por el INE al año 2017 de 828.708 habitantes, con una densidad poblacional de 17,11 hab/km².

En Osorno, MINSAL instaló una estación para monitoreo continuo de MP2,5 y MP10 en enero de 2008. Posteriormente, el MMA ha instalado dos estaciones en Puerto Montt una en sector Mirasol en junio de 2013 y otra en el sector Alerce en marzo de 2017. La ubicación de los sectores con monitoreo en la Región se ilustra en la Figura 1.112.

En el SINCA se reportan datos de las estaciones Trapen Norte y Trapen Sur de la empresa Eléctrica ENLASA, pero solo hay datos disponibles para el período 2008 a 2010.

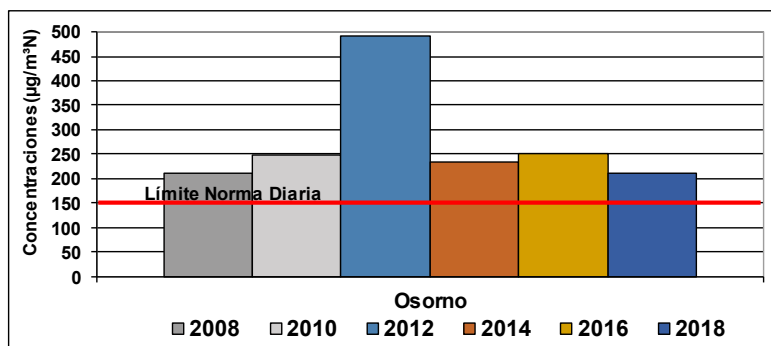
Figura 1.112 Sectores con monitoreo en la Región de Los Lagos



El D.S. N°27/2012 de MMA declaró a la Comuna de Osorno zona saturada por superación de las normas diarias y anual de MP10 y de MP2,5. Por este motivo, en marzo de 2016 se publicó el D.S. N°47 del MMA que establece el PDA para esta Comuna.

Tanto el percentil 98 de MP10 como de MP2,5 se han mantenido sobre la norma diaria, registrándose un muy significativo, particularmente respecto al MP10 en 2012. De acuerdo a la Figura 1.113 el percentil 98 de MP10 (exceptuando el 2012), se ha mantenido entre 200 y 250 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$. Por otro lado, la Figura 1.115 muestra desde 2014 a 2018 un percentil 98 de MP2,5 entre 190 y 220 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (4 veces el valor de la norma) en Osorno. En la estación Mirasol de Puerto Montt se registra un percentil entre 90 y 110 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (2 veces el valor de la norma) entre 2014 y 2018.

Figura 1.113 Cumplimiento norma diaria de MP10 en Osorno



Los promedios trianuales de MP10 muestran un descenso desde 2014 hasta un valor levemente superior a la norma anual con 52 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en el trienio 2016-2018 lo cual se observa en la Figura 1.114. Los promedios trianuales de MP2,5 en tanto se presentan notoriamente sobre la norma en Osorno con valores cercanos a 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, y moderadamente sobre esta en Mirasol con aproximadamente 26 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de acuerdo a lo presentado en la Figura 1.116.

Figura 1.114 Cumplimiento norma anual de MP10 en Osorno

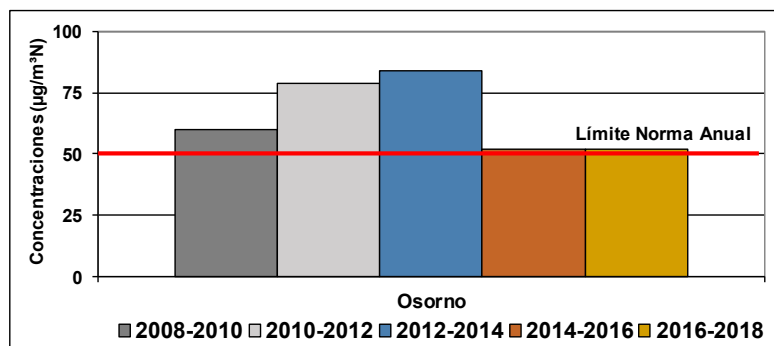


Figura 1.115 Cumplimiento norma diaria de MP2,5 en Osorno y Mirasol

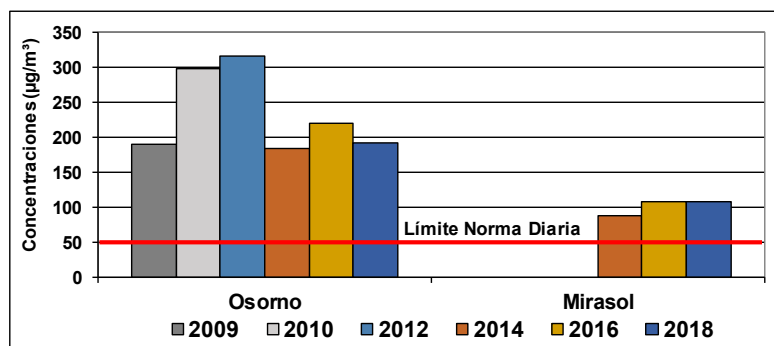
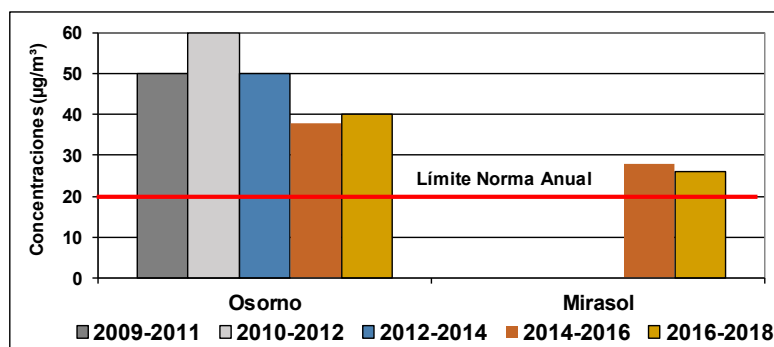


Figura 1.116 Cumplimiento norma anual de MP2,5 en Osorno y Mirasol



Los registros de emisiones disponibles en el sitio www.retc.cl el principal aporte para MP10, MP2,5, CO y NOx corresponde a la quema de leña. En cambio, para SO₂ el mayor aporte proviene de las fuentes fijas.

CUADRO N° 1.17 Estimación de emisiones para la Región de LOS LAGOS

	MP10 Ton/año	MP2,5 Ton/año	CO Ton/año	SOx Ton/año	NOx Ton/año
Fuentes Fijas	304	181	1101	1056	2571
Emisiones vehículos en ruta	105	99	6943	4	2085
Emisiones Quema de leña	26467	24641	538640	132	5282

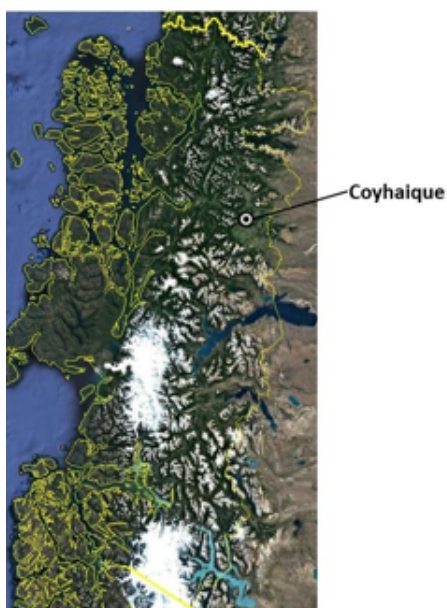
FUENTE: <http://datosretc.mma.gob.cl/dataset/emisiones-al-aire>

1.16 REGIÓN DE AYSÉN

La Región de Aysén está conformada por las provincias de Aysén, Capitán Prat, Coyhaique y General Carrera. Cuenta con una superficie de 108.494 km² y una población estimada por el INE al año 2017 de 103.158 habitantes, con una densidad poblacional de 0,96 hab/km².

En Coyhaique se reportan monitoreos sistemáticos de MP10 desde el invierno del 2007. Sin embargo, anteriormente desde el año 2002 se realizaron campañas de monitoreo de material particulado que evidenciaron la ocurrencia de elevadas concentraciones, por sobre las concentraciones de MP10 registradas en otras áreas urbanas del país. La Figura 1.117 muestra el sector de monitoreo respecto a la Región de Aysén.

Figura 1.117 Sectores con monitoreo en la Región de Aysén

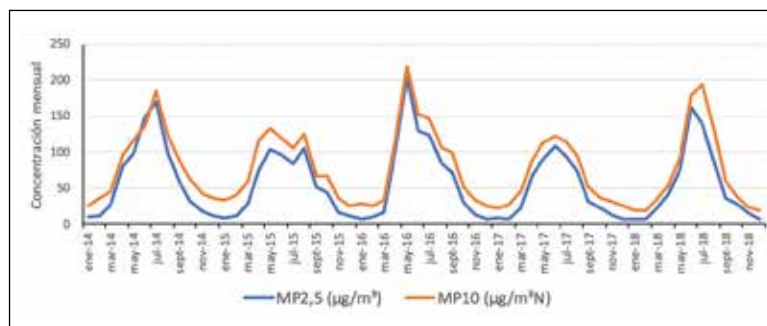


Producto de las altas concentraciones de MP10, en noviembre de 2012 mediante el D.S. N°33 se declaró a la ciudad de Coyhaique y su zona circundante zona saturada por superación de la norma diaria y anual de MP10. Posteriormente, en el año 2013 el MMA incorporó la medición de MP2,5 y una segunda estación de monitoreo en la ciudad para mediciones de MP10 y MP2,5.

En marzo de 2016 el D.S. N°46 estableció un Plan de descontaminación para MP10. En agosto de 2016 se publicó el D.S. N°15 de MMA que declaró a la ciudad de Coyhaique y su zona circundante como zona saturada por superación de la norma diaria de MP2,5.

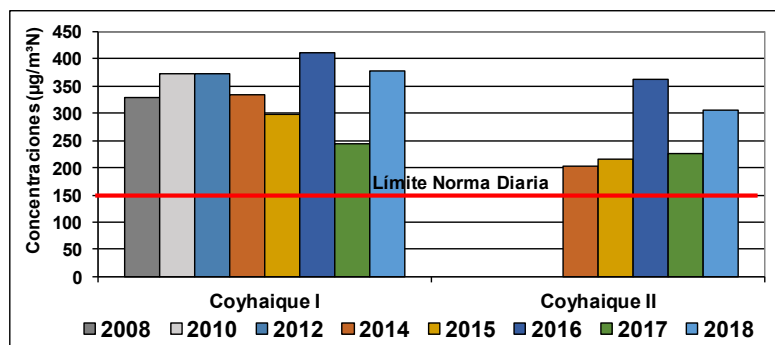
En Coyhaique, al igual que en la mayoría de las ciudades del Centro-Sur de Chile, hay un marcado ciclo estacional de las concentraciones de MP2,5 y MP10 registrando bajos niveles en meses de primavera-verano y un muy significativo aumento de las emisiones y concentraciones en meses de otoño-invierno. En esta ciudad se registran concentraciones promedios mensuales hasta 10 veces más altas en los meses de junio y julio, respecto a los meses comprendidos entre diciembre y febrero, situación que se puede apreciar para los años 2014 a 2018 en la Figura 1.118.

Figura 1.118 Evolución de promedios mensuales de MP2,5 y MP10, enero 2014 a diciembre de 2018 en Coyhaique



Los valores de percentil 98 de las concentraciones diarias de MP10 y MP2,5 presentados en la Figura 1.119 y en la Figura 1.121 demuestran que en Coyhaique se registran las concentraciones más altas del país, alcanzando en 2018 a un valor de 377 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de MP10 y 334 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de MP2,5.

Figura 1.119 Cumplimientos de norma diaria de MP10 en Coyhaique



Los promedios trianuales de MP10 y MP2,5 no registran variaciones importante durante los últimos años manteniéndose ampliamente sobre la norma anual con valores cercanos a 75 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de MP10 y 55 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de MP2,5 de acuerdo a lo presentado en la Figura 1.120 y en la Figura 1.122 respectivamente.

Figura 1.120 Cumplimientos de norma anual de MP10 en Coyhaique

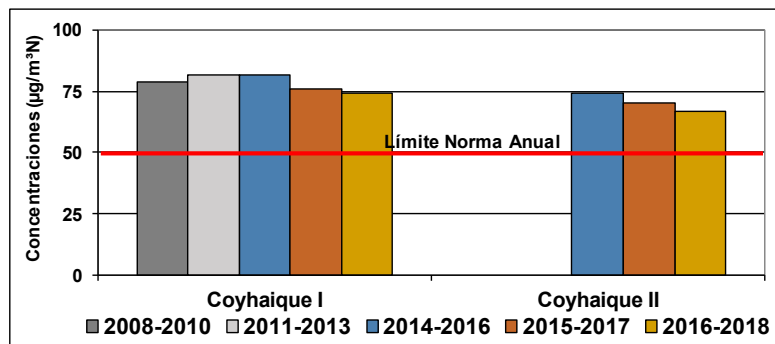


Figura 1.121 Cumplimiento de norma diaria de MP2,5 en Coyhaique

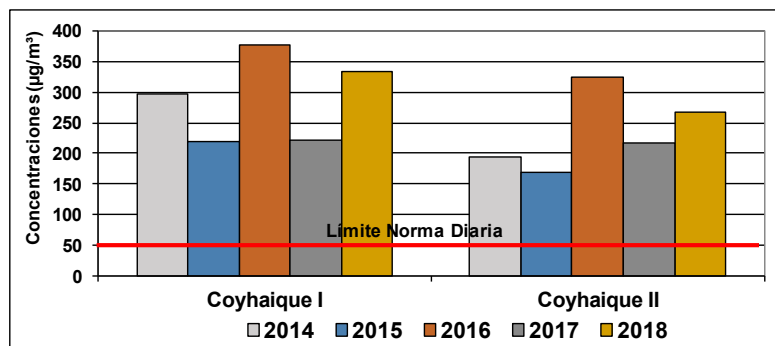
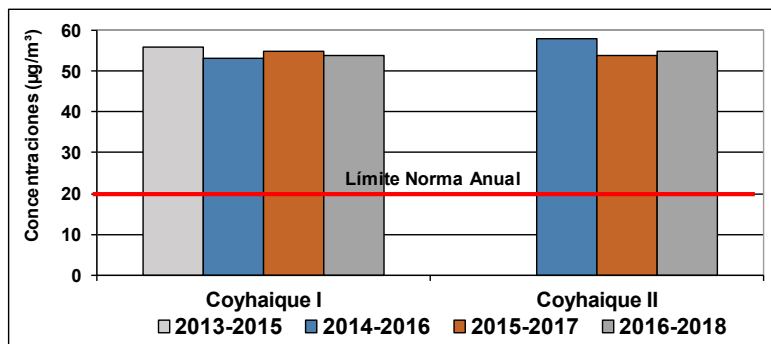


Figura 1.122 Cumplimiento de norma anual de MP2,5 en Coyhaique



De acuerdo a los registros de emisiones disponibles en el sitio www.retc.cl el principal aporte para MP10, MP2,5 y CO corresponde a la quema de leña. En cambio, para SO₂ y NO_x el mayor aporte proviene de las fuentes fijas.

CUADRO N° 1.18 Estimación de emisiones para la Región de Aysén

	MP10 Ton/año	MP2,5 Ton/año	CO Ton/año	SOx Ton/año	NOx Ton/año
Fuentes Fijas	64	21	362	107	1599
Emisiones vehículos en ruta	12	12	363	1	288
Emisiones Quema de leña	4513	4202	99513	27	969

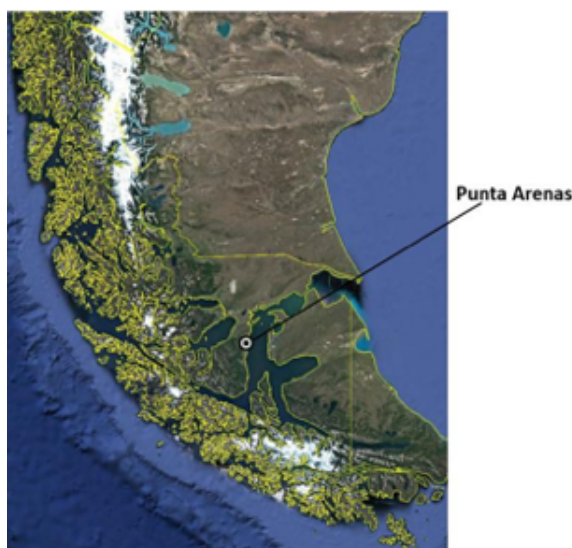
FUENTE: <http://datosretc.mma.gob.cl/dataset/emisiones-al-aire>

1.17 REGIÓN DE MAGALLANES

La Región de Magallanes está conformada por cuatro provincias: Antártica Chilena, Magallanes, Tierra del Fuego y Última Esperanza. La Región cuenta con una superficie continental de 132.033 km² y una población estimada por INE al año 2017 de 166.533 habitantes, con una densidad poblacional de 1,26 hab/km².

A fines de 2013, el MMA instaló en Punta Arenas una estación para monitoreo de MP2,5 cuya ubicación se ilustra en la Figura 1.123.

Figura 1.123 Sectores con monitoreo en la Región de Magallanes



La estación Punta Arenas ha registrado bajas concentraciones de MP2,5, muy por debajo de las normas de calidad de aire siendo la estación que registra las menores concentraciones en Chile. De acuerdo a la Figura 1.124 y a la Figura 1.125, en la estación de Punta Arenas las concentraciones de MP2,5 alcanzan a un 20% de la norma diaria con un percentil 98 de 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en el 2018 y con promedio trianual de 5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, que corresponde a un 25% de la norma anual.

Figura 1.124 Cumplimiento norma diaria de MP2,5 en Punta Arenas

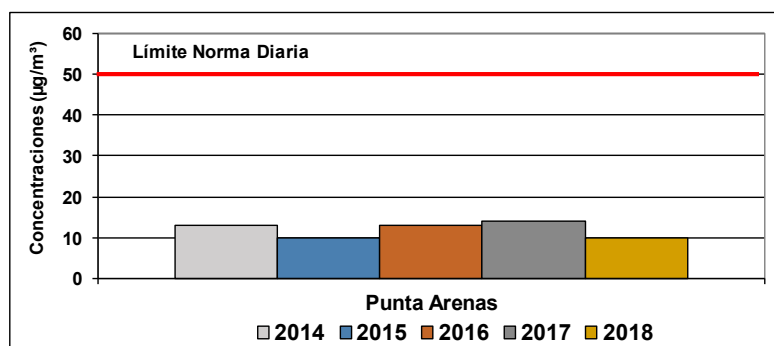
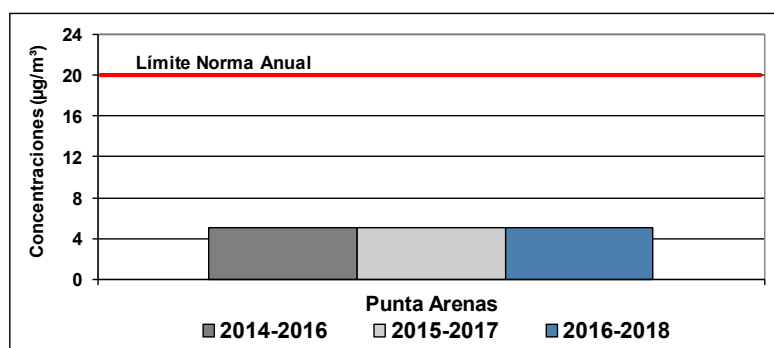


Figura 1.125 Cumplimiento norma anual de MP2,5 en Punta Arenas



En cuanto a emisiones, en la Región, de acuerdo a los registros disponibles en el sitio www.retc.cl el principal aporte para MP10, MP2,5 y CO corresponde a las emisiones de quema de leña. En cambio, para SO₂ y NO_x el mayor aporte proviene de las fuentes fijas.

Cuadro N° 1.19 Estimación de emisiones para la Región de Magallanes

	MP10 Ton/año	MP2,5 Ton/año	CO Ton/año	SOx Ton/año	NOx Ton/año
Fuentes Fijas	45	30	2556	68	13274
Emisiones vehículos en ruta	25	23	1174	1	341
Emisiones Quema de leña	1303	1213	21611	5	223

FUENTE: <http://datosretc.mma.gob.cl/dataset/emisiones-al-aire>

1.18 CONCLUSIONES Y COMENTARIOS

Han transcurrido 20 años desde que se publicó el primer Informe País: Estado del Medio Ambiente en Chile 1999, que resumió en un capítulo el estado de la calidad del aire en Chile. En esos años, la información de calidad de aire se encontraba en distintas entidades que contaban con atribuciones de carácter ambiental; Ministerios de Salud (Servicios de Salud) y de Agricultura (Oficinas regionales del SAG) y en las oficinas regionales de la Comisión Nacional del Medio Ambiente. La información de calidad de aire se entregaba en dos medios: papel (informes) o medio digital (discos). Para elaborar las bases de datos con la finalidad de hacer análisis y estudios, se requería previamente uniformar formatos, unidades de medición y sistematizar la información. Actualmente la recopilación y análisis de los datos se puede realizar casi completamente en línea, a través de los sistemas de información del Ministerio del Medio Ambiente que cuentan con sistemas de validación, como también mediante los distintos documentos e informes disponibles a través

de internet, a pesar de estos avances existen grandes vacíos en la información disponible de muchas estaciones, especialmente las estaciones de redes privadas.

Desde inicios de los 90s, se comenzaron a implementar Planes de Descontaminación Atmosférica, para uno a más contaminantes primarios en Complejos Industriales y Fundiciones de Cobre en las Zonas Norte y Central del País. Los PDA implementados en las Fundiciones de cobre en Ventanas (1992), Chuquicamata (1993), Paipote (1994), Potrerillos (1998) y Caletones (1998) cumplieron con éxito sus metas de reducción de emisiones de SO₂, disminuyendo los episodios críticos y logrando el cumplimiento de las normas primarias vigentes para ese contaminante.

En 1998 se implementó el PPDA para la Región Metropolitana RM de Santiago y a partir de 2009 se continuaron implementando Planes de Descontaminación Atmosférica para otras ciudades y comunas de Chile.

En la RM se logró una significativa reducción de emisiones, principalmente hacia fines de los 90s, que continuó, aunque de forma menos acentuada hasta 2005. En los últimos 14 años, los valores de MP10 y MP2,5 respecto a la normativa, no muestran una tendencia a la disminución, se observa más bien un estancamiento, con una variabilidad de las concentraciones, que sería mayormente atribuible a diferencias interanuales de las condiciones meteorológicas de dispersión. En 2018, la RM continúa presentando condiciones de Zona Saturada respecto al MP10 y MP2,5 normas diaria y anual.

Una situación similar se da con el ozono troposférico (O₃) respecto al cumplimiento de la norma de 8 horas, si bien respecto a fines de los 90s ha habido una disminución de las concentraciones, la R.M. continúa presentando condiciones de Zona Saturada, principalmente por los valores registrados en comunas del sector nororiente de la ciudad, en tanto en otras estaciones de la red los valores, en general, presentan una condición de latencia (entre 80% y 100% de la norma).

El PPDA de 1998 para la RM, se actualizó en 2000, 2005, 2010 y 2015, sin embargo, pese a los esfuerzos realizados, hasta ahora no se ha logrado alcanzar la meta que establecen los PPDA, que es cumplir con los valores que establece la normativa para contaminantes criterio como el MP10, O₃ y MP2,5 de modo de proteger la salud de la población. Es un hecho conocido por la experiencia nacional e internacional que, una vez logradas las reducciones iniciales de emisiones y concentraciones resultantes en un plan de descontaminación atmosférica, las reducciones subsecuentes se hacen cada vez más costosas y difíciles de lograr.

En la Región Metropolitana, el incesante crecimiento demográfico, del número de fuentes fijas, del parque automotriz, la expansión continua e inorgánica de la ciudad y el aumento de uso de la leña como calefacción domiciliaria, entre otros factores, habrían contrarrestado las medidas de reducción de emisiones contenidas en los PPDA, que contemplan entre otras, la implementación de tecnologías de producción más limpias en el caso de fuentes fijas, uso de combustibles más limpios y tecnologías avanzadas de combustión en fuentes móviles.

Las medidas requeridas para mejorar la calidad del aire han sido ampliamente discutidas y consensuadas desde hace casi dos décadas, a través de publicaciones y reuniones científico-técnicas de diferentes organismos nacionales e internacionales. Entre estas están: Promover una descentralización efectiva, detener el crecimiento inorgánico de la ciudad y del parque automotriz, prohibición absoluta del uso de leña en el periodo otoño-invierno, implementar de forma creciente el uso de Energías Renovables No Convencionales (ENRC) y realizar programas eficientes de difusión y educación.

En todas las regiones del País, con la sola excepción de la Región de Magallanes, existen ciudades, comunas o localidades que presentan saturación o latencia respecto a las normas primarias de uno o más contaminantes criterio.

En la zona norte las compañías mineras, fundiciones de cobre y centrales termoeléctricas asocian esencialmente emisiones de material particulado (MP), dióxido de azufre (SO₂) y óxidos de nitrógeno (NOx). El principal problema de calidad de aire sigue siendo el cumplimiento de la norma anual de MP10, debido a que distintas localidades y comunas continúan presentando en 2018 condiciones de saturación o latencia por norma anual. Sin embargo, se observa en términos generales una tendencia a la reducción de las concentraciones, tanto diarias como anual, que se asociaría a medidas contempladas en los PPDA.

En la zona central la actividad industrial, algunas fundiciones de cobre, centrales termoeléctricas, fuentes móviles y emisiones por combustión residencial de leña, asocian principalmente, altas concentraciones de material particulado respirable MP10_MP2,5 en el periodo otoño invierno y contaminación fotoquímica ozono (O₃) en primavera-verano.

En la zona sur, especialmente en ciudades y comunas ubicadas en los valles centrales, se registran altas concentraciones de MP10 y MP2,5 debido al generalizado consumo de leña para calefacción y cocina domiciliaria. Desde la Región del Libertador B. O' Higgins hasta la Región de Aysén, en 2018 se presentan condiciones de saturación respecto a las normas diaria y anual de MP10 y MP2, 5. En las Regiones de la Araucanía, Los Ríos, Los Lagos y Aysén, los altos registros de MP2,5 en otoño-invierno, determinan que se supere entre 2 y 6 veces el valor de la norma diaria. Los distintos PDA en la zona sur del país apuntan fundamentalmente a reducir el MP2,5

producto de la combustión de leña domiciliaria, sobre la base del: mejoramiento térmico de las viviendas, mejoramiento de la calidad de los artefactos de combustión de leña, mejoramiento de la calidad del combustible y sensibilización y educación de la comunidad. Dada la magnitud del problema de superación de las normas diaria y anual de MP2,5, las medidas planteadas son necesarias, pero no suficientes. Se requeriría además de una intensiva implementación en el corto, mediano y largo plazo de matrices energéticas más limpias que permitan el reemplazo de la leña como sistema de calefacción domiciliaria.

En la década de los 90s, el tema medioambiental y la preocupación por la calidad del aire ocupó un lugar importante en la agenda del Estado. Producto de esto, se implementaron exitosos planes de descontaminación en fundiciones de cobre y centrales termoeléctricas a lo largo del país.

En los últimos 15 años el apoyo del Estado al tema medioambiental no ha sido suficiente para dar respuesta a la creciente demanda ciudadana a problemáticas ambientales, muchas de ellas asociadas a la percepción de falta de una adecuada fiscalización o a los plazos que no se han cumplido respecto a medidas y metas establecidas en los PDAs. Reforzando lo anterior, en el análisis presentado para cada región se constata, con excepción de la Región de Magallanes, que se continúan presentando excedencias de normas de calidad de aire, principalmente por MP10 en el Norte del País y MP2,5 en el Centro-Sur.

BIBLIOGRAFÍA

- CENMA, 2004. Estudio de apoyo para la elaboración de un Plan de Descontaminación para las comunas de Temuco y Padre Las Casas. Mediciones de calidad de aire y meteorología. Informe Final. Estudio desarrollado para CONAMA IX.
- CENMA, 2008. Análisis Comparativo de Condiciones Meteorológicas Asociadas a Episodios de Contaminación Atmosférica en Santiago, durante los períodos de otoño-invierno 1997 a 2008. Informe elaborado para CONAMA RM. Septiembre de 2008.
- CENMA, 2014. Informe final "Evaluación de la calidad del aire en la Región de Antofagasta". Estudio elaborado para Secretaría Regional Ministerial del Medio Ambiente Región de Antofagasta. Diciembre 2014
- CONAMA 1999, Estudio de la calidad del aire en regiones Urbano-Industriales de Chile. Proyecto COSUDE. Información Final Etapa I, 1999.
- CONAMA RM 2006, Segunda Auditoría Internacional al Plan de Prevención y Descontaminación Atmosférica de la Región Metropolitana, 2006.
- CONAMA II Región, 2009. Informe de Calidad de Aire de la II Región de Antofagasta, actualizado al 31 de diciembre de 2008. Comisión Nacional de Medio Ambiente Región de Antofagasta.
- CONAMA II Región, 2009b. Informe de Seguimiento PDA María Elena y Pedro de Valdivia abril 2008-marzo2009. Junio 2009. Comisión Nacional de Medio Ambiente Región de Antofagasta.
- CONAMA, 2009. Avance de los Planes de Descontaminación Atmosférica de las megafuentes mineras. Comisión Nacional del Medio Ambiente. Borrador.
- CONAMA VIII Región, 2005. Informe de Gestión de la calidad del aire Gran Concepción. Antecedentes para declaración de Zona Latente por MP10. Mayo 2005.
- CONAMA IX Región, 2004. Antecedentes para declarar a las comunas de Temuco y Padre Las Casas como Zona Saturada por MP10.
- CONAMA IX, 2005. Identificación de una relación entre las emisiones de fuentes de material particulado y las concentraciones de material particulado respirable en las comunas de Temuco y Padre Las Casas". Estudio desarrollado por Asesorías en Ingeniería ambiental Pedro Alex Sanhueza Herrera E.I.R.L. para CONAMA.
- DICTUC, 2005. Estudio Modelo de dispersión de contaminantes para la Región Metropolitana. Desarrollado por DICTUC S.A. Área de Soluciones Ambientales para CONAMA RM.
- DICTUC, 2006. Análisis de la Calidad del Aire para MP-10 en Tocopilla. Estudio elaborado para CONAMA II.
- DICTUC, 2007. Estudio Diagnóstico Plan de gestión Calidad del Aire VI Región. Estudio elaborado para CONAMA VI.
- DICTUC, 2007. Actualización del inventario de emisiones atmosférica en la Región Metropolitana. Estudio elaborado para CONAMA RM.
- DICTUC, 2008. Actualización del inventario de emisiones atmosférica en las comunas de Temuco y Padre Las Casas. Informe Final, Febrero 2008. Estudio elaborado para CONAMA IX.
- DICTUC, 2015. Informe Final "Antecedentes para Elaborar el Plan de Prevención de la Localidad de Huasco". Elaborado por DICTUC para la Subsecretaría de Medio Ambiente. Agosto de 2015.
- MINSAL y SAG, 2009. Informe de cumplimiento de las normas de calidad de aire y emisión de arsénico en la Región de Valparaíso año2008. Comisión conjunta Servicio Agrícola Ganadero y SEREMI salud Región de Valparaíso.
- MMA, 2015. Segundo Reporte del Estado del Medio Ambiente. Ministerio del Medio Ambiente. Noviembre de 2015. ISBN 978-956-7204-52-6.
- MMA, 2016. Informe "línea base de la calidad del aire en la Región de Valparaíso período 2013-2015". SEREMI del medio ambiente y SEREMI de salud Región de Valparaíso.
- RETC, 2015. Noveno informe consolidado de emisiones y transferencias de contaminantes 2014. Registro de emisiones y transferencias de contaminantes del Ministerio del Medio Ambiente. 2015.
- SETEC, 2006. Diagnóstico y monitoreo de la calidad del aire en las comunas de Arica e Iquique. Informe Final, 2006. Estudio elaborado para CONAMA.
- SANHUEZA, 2008. Análisis técnico del plan de descontaminación por MP10 para Tocopilla y de las observaciones al anteproyecto. Estudio elaborado para CONAMA II.
- SMA, 2014. Informe fiscalización ambiental inspección ambiental Plan de Descontaminación de la Fundación Potrerillos División Salvador de CODELCO. SMA, 2018. Informe técnico cumplimiento de normas de calidad del aire por MP2,5, MP10, Plomo y SO2. Evaluación De Información Redes De Calidad Del Aire Puchuncaví, Quintero y Concón. Región De Valparaíso
- SMA, 2018b. Informe técnico cumplimiento de normas de calidad del aire por MP10, Redes de calidad de Aire de Calama. Región de Antofagasta.
- SMA, 2018c. Informe técnico cumplimiento de normas de calidad del aire por MP10, Redes de calidad de Aire del Interior de la Región de Valparaíso.
- SMA, 2018d. Informe técnico cumplimiento de normas de calidad del aire por MP10, NO2 y CO. Redes de calidad de Aire de Mejillones. Región de Antofagasta.
- SMA, 2018e. Informe técnico cumplimiento de normas de calidad del aire por MP10, Pb y SO2. Red de calidad de Aire de Fundación hernán Videla Lira. Región de Atacama.

- SMA, 2019. Informe técnico cumplimiento de normas de calidad del aire por MP2,5, MP10, Plomo y SO2. Evaluación De Información Redes De Calidad Del Aire Puchuncaví, Quintero y Concón. Región De Valparaíso
- SMA, 2015. Informe técnico cumplimiento de normas de calidad del aire por MP10, plomo y SO2 red de calidad del aire fundición Hernán Videla Lira Región de Atacama. Unidad Técnica División de Fiscalización de la Superintendencia del Medio Ambiente.
- SMA, 2015b. Informe técnico cumplimiento de normas de calidad del aire por MP2,5. Estación de Calidad de aire de Curicó.
- SMA, 2016. Informe técnico cumplimiento de normas de calidad del aire por MP10, NO2 y CO. Redes de calidad de Aire de Mejillones. Región de Antofagasta.
- SMA, 2016b. Informe Técnico Cumplimiento de Norma de Calidad del Aire por MP2,5 Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Coyhaique
- U de CHILE, 1999. Situación del medio ambiente y del patrimonio cultural: Aire. En: Informe País, Estado del Medio Ambiente en Chile 1999. Área de Desarrollo Sustentable de Centro de análisis de políticas públicas de la Universidad de Chile, Santiago, Junio 2000, pp 35-74.
- U de CHILE, 2002. Situación del medio ambiente y del patrimonio cultural: Aire. En: Informe País, Estado del Medio Ambiente en Chile 2002. Área de Desarrollo Sustentable de Instituto de análisis de políticas públicas de la Universidad de Chile, Santiago, Diciembre 2002, pp 19-6.
- U de CHILE, 2005. Capítulo 1: Aire. En: Informe País, Estado del Medio Ambiente en Chile 2005. Instituto de Asuntos Públicos, Centro de análisis de políticas públicas de la Universidad de Chile, Santiago, 2005, pp 38-70.
- U de CHILE, 2008. Capítulo 1: Aire. En: Informe País, Estado del Medio Ambiente en Chile 2005. Instituto de Asuntos Públicos, Centro de análisis de políticas públicas de la Universidad de Chile, Santiago, 2005, pp 33-71.
- U de CHILE, 2015. Capítulo 1: Aire. En: Informe País, Estado del Medio Ambiente en Chile Comparación 1999-2015.. Instituto de Asuntos Públicos, Centro de análisis de políticas públicas de la Universidad de Chile, Santiago, 2015, pp 38-112.

CAPITULO 2

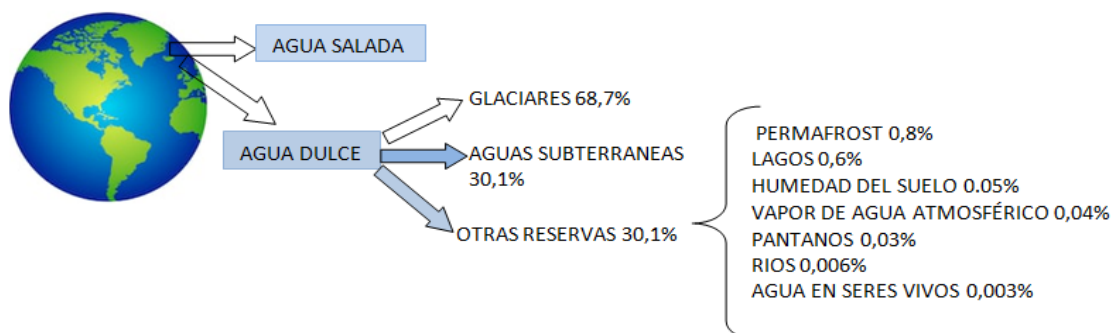
INFORME PAÍS ESTADO DEL MEDIO AMBIENTE EN CHILE
2018

2. AGUAS CONTINENTALES

INTRODUCCIÓN: LOS RECURSOS HÍDRICOS EN EL MUNDO

La Tierra posee un total de 1.400 billones de kilómetros cúbicos (Km^3) de agua. De ellos, el 97,5% corresponden a los océanos y el 2,5% restante, (35 millones de Km^3), es agua dulce. De esta cantidad a su vez, el 70% corresponde a glaciares, nieves y hielos, el 30% a aguas subterráneas y apenas el 0,3% (105.000 Km^3) a aguas superficiales. Del total de aguas renovables disponibles, el 54% es utilizado para distintos propósitos tales como el riego agropecuario (70% de este total), la industria (22%) y para consumo humano y saneamiento (8%).

Figura 2.1. Las aguas en el mundo



FUENTE: Informe de la ONU 'Que nadie se quede atrás'. 2018

Se estima que como consecuencia del crecimiento poblacional y el crecimiento económico, la demanda por recursos hídricos se ha estado incrementando sensiblemente desde la década de los años cincuenta en adelante, acelerándose de manera muy importante en las dos últimas décadas. (Organización de Cooperación para el Desarrollo OCDE, Agencias especializadas de las Naciones Unidas y otras organizaciones internacionales).

De acuerdo al Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos, publicado por la UNESCO en nombre de ONU-Agua en 2019 el uso del agua aumenta un 1% anual en todo el mundo desde 1980 en adelante, impulsado por una combinación de crecimiento de la población, desarrollo socioeconómico y cambio en los modelos de consumo.

Se espera que la demanda mundial de agua siga aumentando a un ritmo parecido hasta el año 2050, lo cual representa un incremento del 20 al 30% por encima del nivel actual, como consecuencia principalmente al crecimiento de la demanda en los sectores industriales y doméstico.

El Foro Económico Mundial del año 2017, clasificó la crisis hídrica observada entre el año 2014 y 2017, dentro de los tres principales riesgos mundiales en términos de impacto en el desarrollo económico de los países. El grueso de las cuencas hídricas del planeta y fuentes de agua fresca están siendo sobreexplotadas o se encuentran al límite de su capacidad, sobre todo en el conjunto de países emergentes. Hasta dieciocho ríos, que dan acceso a agua potable a un PIB equivalente de US\$ 27 mil millones, están bajo una situación de estrés hídrico severo¹.

De acuerdo al International Food Policy Research Institute (IFPRI, 2015) el 36% de la población mundial vive en regiones con escasez de agua y 22% del PIB mundial está en situación de riesgo porque se produce en territorios con poca agua. Aún más, 39% de la actual producción de cereales es considerada no sostenible en términos de uso de agua. De no hacer nada para cambiar esta situación, el IFPRI estima que para el año 2050, el 45% del PIB mundial de ese año estaría en riesgo, lo que equivale a 1,5 veces el tamaño actual de la economía mundial. Adicionalmente, 4.800 millones de personas (52% de la población mundial) estarían expuestas a severa escasez de agua.

2.1 PATRIMONIO Y ESTADO DE LAS AGUAS CONTINENTALES

Chile no está al margen de las amenazas descritas anteriormente, pero a diferencia de otros países y regiones del mundo, no tiene una escasez absoluta de agua, sino que ella está desigualmente distribuida en el territorio. Es escasa precisamente en un territorio considerado árido y con condiciones de tierras desérticas donde habita el 60% de la población y se produce sobre el 70% de PIB basado en una estructura productiva altamente dependiente de los recursos hídricos. En este contexto, los efectos del cambio climático que reducen la disponibilidad de agua aumentan considerablemente el nivel de vulnerabilidad de Chile, situación que podría agravarse de no existir un ordenamiento jurídico que facilite una adecuada gestión del agua y una institucionalidad capaz de enfrentar estos desafíos.

Entre 1990 y 2017 el Producto Interno Bruto creció 3,3 veces y la demanda total de agua creció entre 2 y 3 veces. Se estima que aproximadamente el 60% del PIB, especialmente el sector exportador, depende del agua. El informe publicado en agosto de este año por el World Resources Institute (WRI) pone de relieve el riesgo que enfrenta el país, ya que Chile aparece situado en el lugar dieciocho entre 164 países del mundo analizados, y encabezando el grupo considerado como de “Alto Estrés Hídrico”.

Cuadro 2.1. Indicador de Base del estrés hídrico (Baseline stress water, bsw)

Región	Categoría	Valor del Índice de Stress (BSW)	Extracciones/ Suministros renovables
Arica y Parinacota	Extremadamente alto	4,08	>80%
Tarapacá	Extremadamente alto	4,95	>80%
Antofagasta	Extremadamente alto	5	> 80%
Atacama	Extremadamente alto	5	>80%
Coquimbo	Extremadamente alto	5	>80%
Valparaíso	Extremadamente alto	4,95	>80%
Región Metropolitana	Extremadamente alto	4,71	>80%
L. G. Bernardo O'Higgins	Extremadamente alto	4,91	>80%

1 Luís Torras, presentación al Foro Económico Mundial 2017

Maule	Extremadamente alto	4,22	>80%
Ñuble	Alto	3,32	De 40 a 80%
Bío-Bío	Medio - alto	2,96	De 20 - 40%
Araucanía	Medio - alto	2,26	De 20 - 40%

FUENTE: Water Resources Institute (WRI). <https://www.wri.org/resources/charts-graphs/water-stress-country>

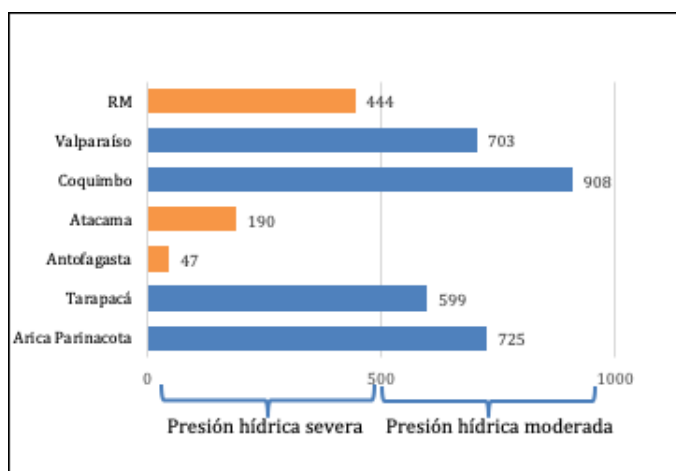
Por su parte, la población pasó de 14 millones a 18 millones de habitantes, las zonas urbanas se han expandido y con ello también ha crecido la demanda de agua potable aumentando las inversiones en las empresas de servicios sanitarios al punto que el 99,9% de la población urbana tiene acceso al agua potable. Para la población rural existen 1.900 sistemas de Agua Potable Rural que abastecen a 1.700.000 personas, financiados y construidos por el Estado y gestionados por las propias comunidades beneficiadas.

El crecimiento de la demanda por los recursos hídricos para consumo humano, minería, agricultura, generación de energía eléctrica, industria, turismo, medio ambiente, entre otros, genera un mayor desbalance entre la oferta y disponibilidad efectiva del agua y su demanda, lo que ya ha producido situaciones de conflictividad al interior de varias cuencas del país, que se han visto agravadas por los efectos del cambio climático. A diferencia de otros elementos, que también permiten sustentar la vida y la producción, el agua no tiene sustituto. Después del aire, es el recurso absolutamente necesario que permite sostener la vida, la preservación de los ecosistemas, producción de alimentos y muchas actividades productivas que sólo se pueden realizar con agua.

2.1.1 Distribución de las precipitaciones y caudales

Chile tiene una escorrentía² promedio de 53.000m³ por habitante superando en ocho veces la media mundial que es de 6.600 m³ y en 26,5 veces los 2.000 m³ por persona al año, cifra que se considera internacionalmente como umbral mínimo para el desarrollo sostenible. El valor promedio chileno oculta situaciones de gran disparidad, como las que se observan al norte de la Región Metropolitana, territorio árido y semiárido, donde la disponibilidad de agua es menos de 800 m³ por persona al año. De hecho, la misma Región Metropolitana está en una situación de presión hídrica severa con 444 m³ por persona al año, seguida de las regiones de Atacama con 190 y la región de Antofagasta con apenas 47 m³ por persona al año.

Figura 2.2 Escorrentía per cápita año 2015 (m³/persona/año)



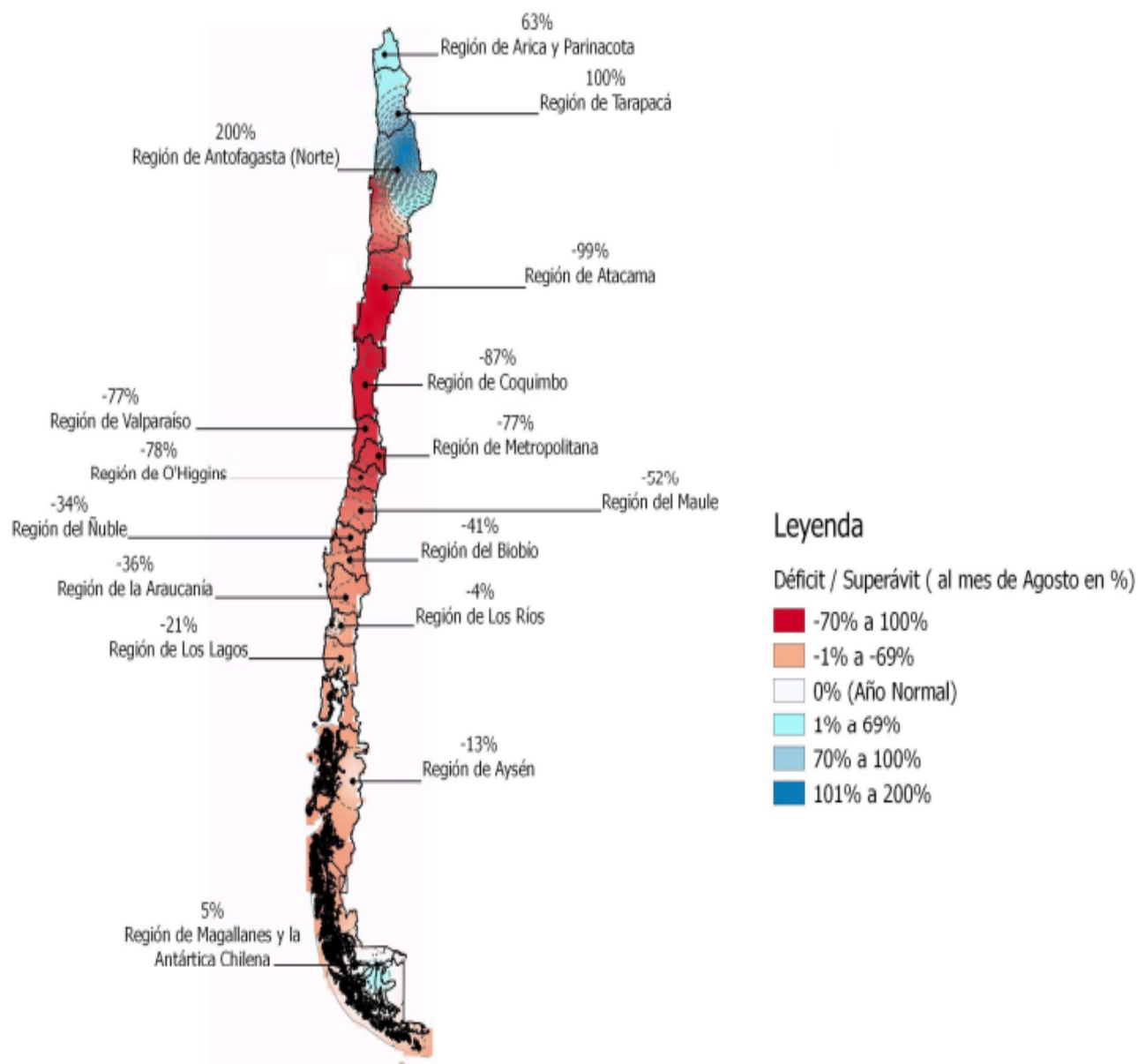
FUENTE: Atlas del Agua, Ministerio de Obras Públicas, Dirección General de Aguas, 2017

Nuestro país experimenta un déficit generalizado de precipitaciones que viene manifestándose desde hace ya varios años. Hacen excepción a este cuadro general, algunas situaciones particulares como por ejemplo en el altiplano en el extremo norte del país. En efecto, de acuerdo con los últimos registros disponibles de la Dirección General de Aguas, DGA, del Ministerio de Obras Públicas, en el transcurso del año 2019 en el altiplano de las regiones de Arica Parinacota, Tarapacá y Antofagasta zona altiplánica, se han registrado superávits que sobrepasan en algunos casos, el 200% en relación a un año normal. En la región de Atacama se presentan déficits de hasta un 100%. Cabe señalar que, por tratarse de montos menores de precipitaciones, esta situación podría revertirse fácilmente. Entre las regiones de Coquimbo y O'Higgins los déficits varían entre un 60% y casi un 100%. Del Maule hasta Aysén los déficits varían entre un 10% y un 60% y disminuyen más hacia el sur, hasta llegar en Magallanes, a un 13% de superávit.

El proceso de disminución de las precipitaciones que afecta prácticamente la totalidad del territorio nacional, viene intensificándose

2 volumen de agua procedente de las precipitaciones que escurre por los cauces superficiales y subterráneos

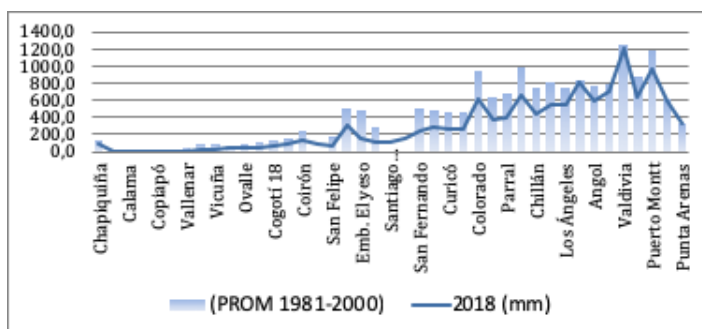
Figura 2.3 Déficits y superávits de las Regiones en agosto de 2019 en comparación con promedios a la misma fecha entre los años 1981 – 2010. (%)



FUENTE: Boletín de Información Pluviométrica, Fluviométrica, Estado de Embalses y Aguas Subterráneas agosto 2019. DGA

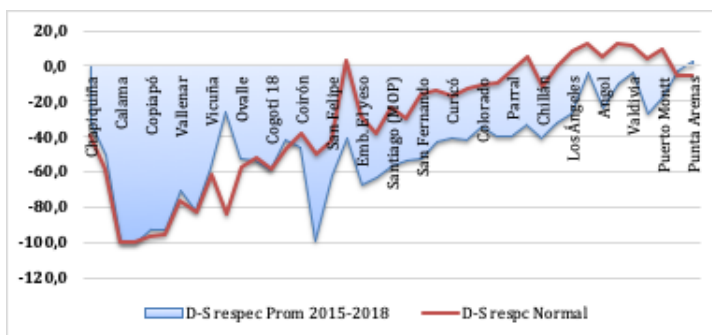
en forma paulatina pero sostenida desde hace unas tres décadas al menos. La comparación de las precipitaciones del año 2018 con el promedio de los años 1981-2000, muestra que en prácticamente la totalidad de las estaciones pluviométricas del MOP, se generan déficits de una cuantía importante ya sea comparando con las precipitaciones del año 2018 o con un promedio de los años 2015-2018 (Figura 2.3, 2.4 y 2.5).

Figura 2.4 Precipitaciones en Chile. Promedio 1981 - 2000 y año 2018 (mm anuales)



FUENTE: Elaboración propia en base a datos de la Dirección General de Aguas (DGA), Ministerio de Obras Públicas

Figura 2.5 Déficit - Superávit (D-S) 2018 respecto promedio 2015 - 2018 y a LA Normal (promedio 1981-2000 (%))



FUENTE: Elaboración propia en base a datos de la Dirección General de Aguas (DGA), Ministerio de Obras Públicas

Cuadro 2.2 Precipitaciones en Chile período 2015-2019 y déficit o superávit del año 2018 respecto al promedio de los años 1981 - 2000

Estaciones	Comuna	2015 (mm)	2016 (mm)	2017 (mm)	2018 (mm)	2019 (mm) al 31 de julio	Promedio 1981-2000	Promedio 2015-2018	Superávit/ déficit 2018 respecto promedio histórico
Chapiquiña	Putre	43,9	143,2	308,0	88,3	217,8	131,0	145,9	-39,5
Emb. Conchi	Calama	11,5	3,4	47,9	7,3	92	14,6	17,5	-58,3
Calama	Calama	12,0	7,7	4,6	0,0	9	2,8	6,1	-100,0
Antofagasta	Antofagasta	33,3	4,0	20,8	0,0	0,2	2,2	14,5	-100,0
Copiapó	Copiapó	46,6	0,0	59,6	1,0	0,2	14,6	26,8	-96,3
Emb. Lautaro	Tierra Amarilla	108,0	0,0	78,5	2,0	0	30,0	47,1	-95,8
Vallenar	Vallenar	77,1	7,6	70,5	9,7	0	33,3	41,2	-76,5
Rivadavia	Vicuña	86,5	46,5	185,1	14,0	7,5	80,0	83,0	-83,1
Vicuña	Vicuña	84,8	31,2	186,9	32,6	1,9	78,3	83,9	-61,1
La Serena	La Serena	40,2	27,7	1174,2	50,9	10,9	68,9	323,3	-84,3
Ovalle	Ovalle	50,9	60,6	204,0	37,6	8,5	80,2	88,3	-57,4
Emb. Paloma	Monte Patria	63,3	79,5	212,6	48,4	11,5	104,0	101,0	-52,1

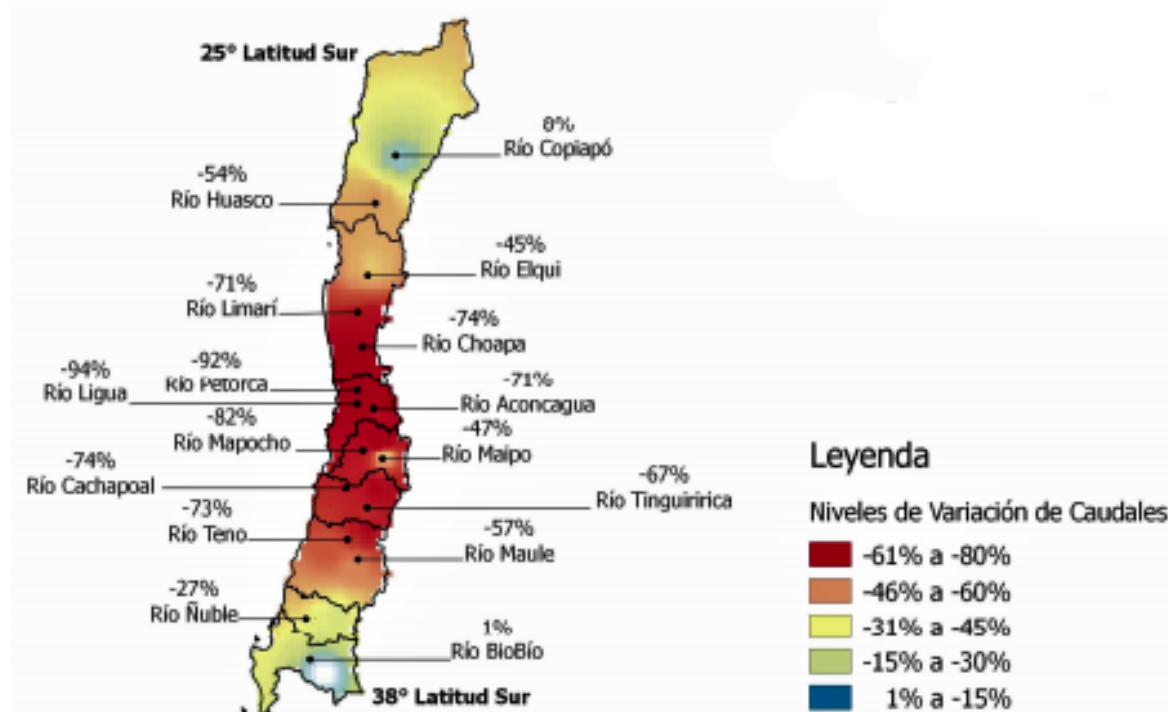
Cogotí 18	Combarbalá	87,7	130,3	262,5	55,7	17,4	136,8	134,1	-58,4
Huintil	Illapel	62,2	202,6	340,6	92,2	18,5	158,5	174,4	-47,1
Coirón	Salamanca	70,4	267,5	342,0	123,0	26	230,4	200,7	-38,7
Vilcuya	Los Andes	79,2	346,0	224,3	93,5	56,5	265,3	185,8	-49,7
San Felipe	San Felipe	44,4	191,7	151,2	65,3	38,1	172,7	113,2	-42,3
Lago Peñuelas	Valparaíso	113,5	338,5	418,0	300,0	145	504,9	292,5	2,6
Emb. El yeso	S. José de Maipo	135,4	343,9	245,9	156,9	93	475,3	220,5	-28,9
Cerro Calán	Las Condes	75,8	288,2	221,4	106,1	76	289,2	172,9	-38,6
Santiago (MOP)	Santiago	41,3	227,6	178,0	104,9	69,8	241,0	138,0	-24,0
Rancagua	Rancagua	95,1	401,0	171,9	143,4	82,7	307,2	202,9	-29,3
San Fernando	San Fernando	176,5	408,0	338,5	243,5	179,8	508,4	291,6	-16,5
Convento Viejo	Chimbarongo	199,1	403,1	409,5	275,9	204	482,8	321,9	-14,3
Curicó	Curicó	229,8	399,2	408,9	269,9	179,7	457,0	327,0	-17,4
Talca	Talca	267,9	296,4	383,6	262,8	245,8	457,1	302,7	-13,2
Colorado	San Clemente	604,8	657,3	866,7	616,0	564,8	948,8	686,2	-10,2
Linares	Linares	400,3	342,1	559,8	379,2	386,1	629,5	420,4	-9,8
Parral	Parral	441,9	257,3	541,1	399,4	403,8	669,4	409,9	-2,6
Embalse Digua	Parral	625,9	430,5	784,3	652,9	630,6	980,8	623,4	4,7
Chillán	Chillán	505,1	516,1	533,6	437,8	520,7	740,2	498,2	-12,1
Concepción	Concepción	597,3	534,2	533,0	550,1	532	819,2	553,7	-0,6
Los Ángeles	Los Ángeles	538,6	477,9	439,8	542,3	571,2	749,2	499,7	8,5
Cañete	Cañete	762,0	492,5	811,2	805,1	694,7	838,5	717,7	12,2
Angol	Angol	446,8	503,5	682,7	585,2	588,5	769,0	554,6	5,5
Temuco	Temuco	697,0	426,1	679,9	710,6	537	795,6	628,4	13,1
Valdivia	Valdivia	1278,5	698,2	1120,5	1201,9	1245,5	1247,0	1074,8	11,8
Osorno	Osorno	690,0	357,8	742,8	627,8	600,8	866,2	604,6	3,8
Puerto Montt	Puerto Montt	925,2	436,2	1187,1	964,0	963	1177,4	878,1	9,8
Coyhaique	Coyhaique	789,8	147,9	942,8	583,2	533,6	602,7	615,9	-5,3
Punta Arenas	Punta Arenas	581,2	214,0	258,8	328,3	360,1	319,4	345,6	-5,0

FUENTE: Elaboración propia en base a datos de la Dirección General de Aguas (DGA), Ministerio de Obras Públicas

2.1.1.2 Caudales

Al igual de lo que sucede con la disminución de las precipitaciones, los caudales muestran las mismas tendencias, salvo en el altiplano en el extremo norte del país. En el resto del país, a excepción del río Copiapó que no registra variaciones en comparación al promedio histórico 1981-2010, y el río Biobío que tiene un superávit 1%, todos los otros ríos presentan déficits que van desde el 82% (río Mapocho) al 27% (río Maule).

Figura 2.6 Variación de caudales del mes de agosto de 2019 con respecto al promedio de agosto en el período 1981-2010



FUENTE: Boletín de Información Pluviométrica, Fluvimétrica, Estado de Embalses y Aguas Subterráneas agosto 2019. DGA

La disminución de los caudales se inició en forma visible a partir del período 2004 – 2010 y se acentuó más entre los años 2010 y 2019. Un análisis para dieciséis ríos localizados entre las regiones de Atacama y La Araucanía y que cubre desde el año 2004 a julio de 2019, muestran disminuciones de los caudales de casi todos los ríos respecto de sus promedios históricos registrados en el período entre 1961 y 2010. A partir del año 2010, y coincidiendo con los primeros registros de lo que se ha denominado la megasequía, se registran reducciones muy acentuadas de los caudales, en particular en aquellos ríos que incrementan su caudal a partir del inicio de la primavera alimentados por el derretimiento de las nieves de la alta cordillera. El alza de la isoterma cero por efectos del cambio climático sumado al aumento de las temperaturas registradas a fines del invierno ha impedido la acumulación de nieve a los niveles que normalmente se registraban durante los meses de invierno.

Cuadro 2.3 Caudales promedio en 16 cuencas en los meses de diciembre y julio, períodos 2004-2010 y 2010-2019 (m³/s)

CUENCAS	2004 - 2010		2010 - 2019		Variación (%)	
	Dic.	Julio	Dic.	Julio	Dic.	Julio
Río Copiapó en Pastillo	1,6	1,8	2,0	1,6	25,0	-11,1
Río Huasco en Algodones	3,6	4,5	5,4	5,2	50,0	15,6
Río Elqui en Algarrobal	18,1	7,1	7,3	5,4	-59,7	-23,9
Río Grande en Las Ramadas	4,2	2,2	2,3	1,6	-45,2	-27,3
Río Choapa en Cuncumén	19,0	4,9	8,2	3,0	-56,8	-38,8
Río Aconcagua en Chacabuquito	88,3	16,4	40,2	8,9	-54,5	-45,7
Río Mapocho en Los Almendros	9,6	4,8	4,5	2,0	-53,1	-58,3
Río Maipo en El Manzano	237,8	73,5	129,9	43,4	-45,4	-41,0
Río Cachapoal en Puente Termas	157,0	42,3	117,4	30,7	-25,2	-27,4
Río Tinguiririca en Los Briones	95,5	32,1	69,1	19,9	-27,6	-38,0

Río Teno después de Junta	100,3	56,0	47,2	25,8	-52,9	-53,9
Río Claro en Rauquén	48,0	103,6	54,1	106,2	12,7	2,5
Río Maule en Armerillo	372,6	267,7	228,3	165,2	-38,7	-38,3
Río Ñuble en San Fabián	82,2	164,5	68,3	97,8	-16,9	-40,5
Río Biobío en Rucalhue	352,7	726,0	264,7	432,6	-25,0	-40,4
Río Cautín en Cajón	83,2	253,2	68,0	189,7	-18,3	-25,1

FUENTE: Elaboración propia basado en varios números del Boletín hidrológico de la DGA.

Particularizando aún más el análisis anterior, un examen de seis ríos importantes para la actividad agrícola, el Choapa de la zona norte, y el Aconcagua, Maipo, Cachapoal, Teno y el Maule de la zona central, revela un notable descenso de sus caudales hacia el período 2010 – 2019 comparado con el promedio histórico 1961 – 2010. Las reducciones registradas en este caso son de 449 m³/s en el mes de diciembre y 220,5 m³/s en el mes de Julio, cifras que comparadas con los caudales medidos en el período 1961-2010, equivalen a 38,8 m³/día y 19,1 m³/día por hora menos en dichos meses. Según datos de la Federación de Productores de Fruta de Chile, Fedefruta, en esta zona se produce sobre el 60% de la fruta de exportación, por lo que el impacto de estos menores caudales afectará particularmente a este sector.

Una dimensión de cuanto implica un menor caudal de estas magnitudes, puede ilustrarse por el hecho que un día de menor caudal en diciembre, equivale a la capacidad del embalse Los Aromos que utiliza Esval para abastecer prácticamente la totalidad de la región de Valparaíso.

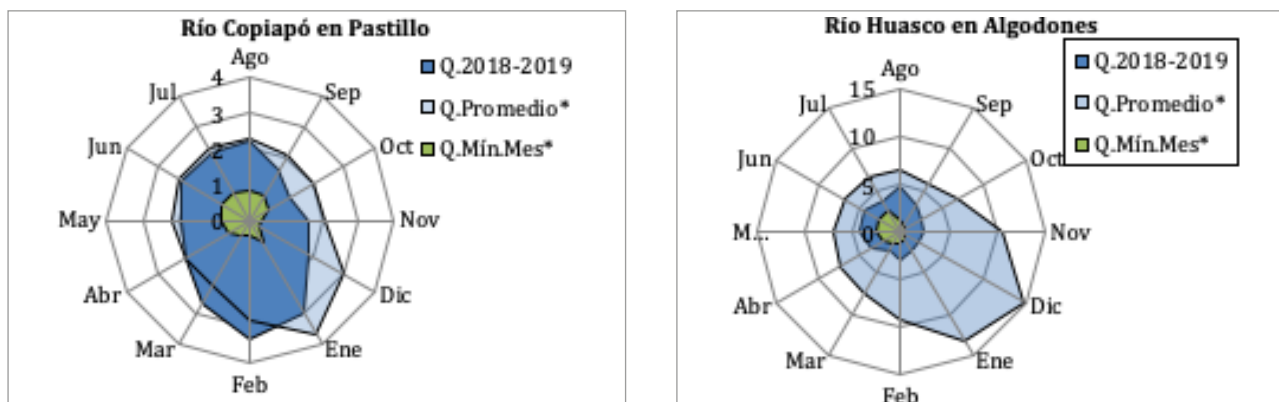
Cuadro 2.4 Disminución de caudales en seis ríos de las zonas norte y centro. (m³/seg.)

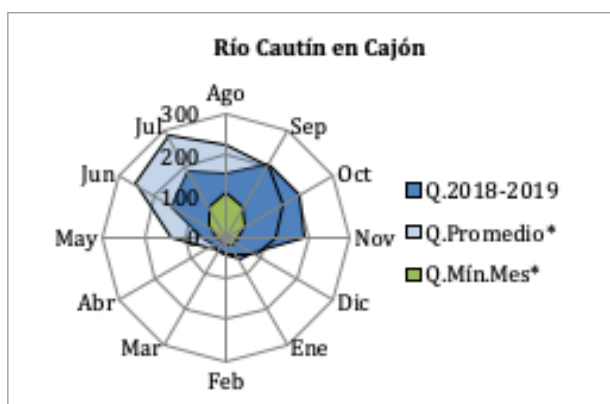
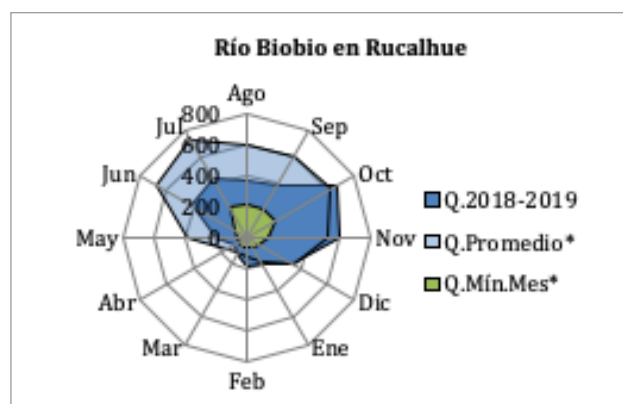
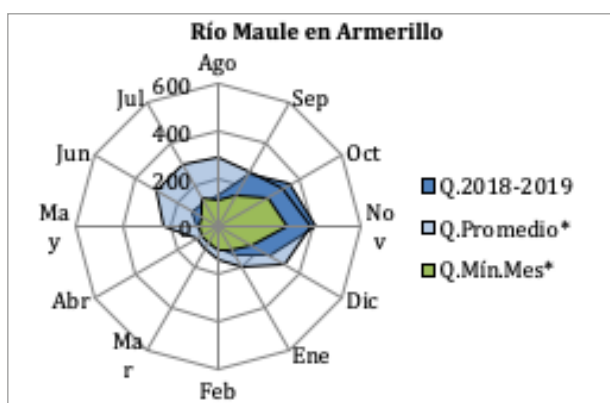
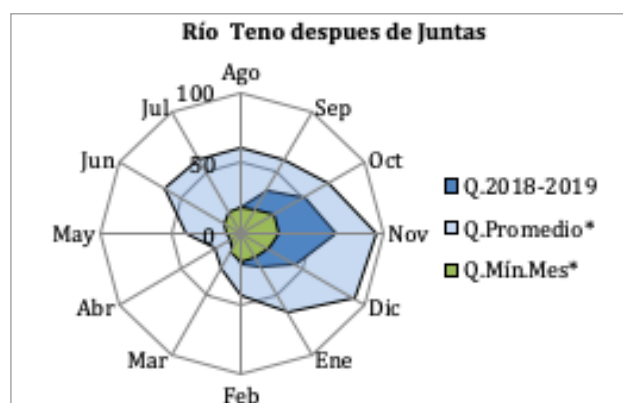
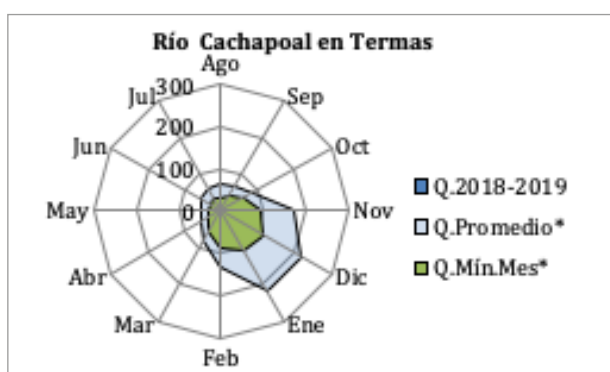
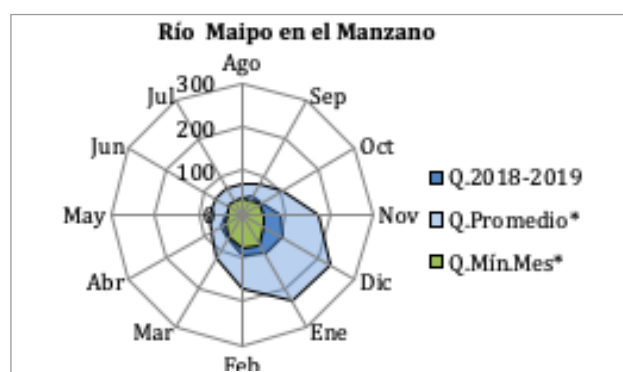
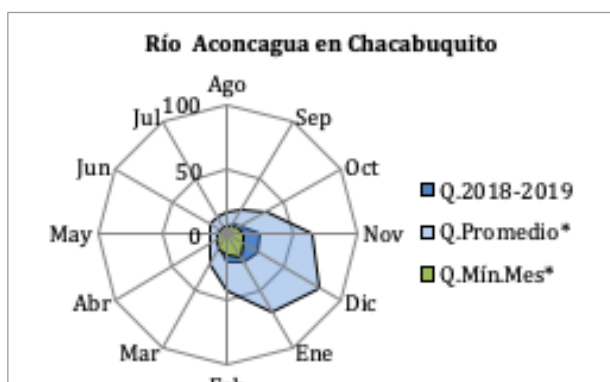
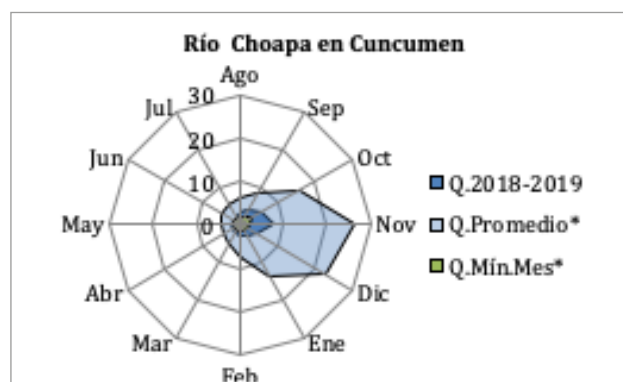
Cuenca	Región	1961 - 2010		2004-2010		2010-2019	
		Dic.	Julio	Dic.	Julio	Dic.	Julio
		Caudal (m ³ /s)		Variación (%)		Variación (%)	
Río Choapa	Coquimbo	23,5	5,1	-19,1	-3,9	-65,1	-41,2
Río Aconcagua	Valparaíso	81,3	16,3	8,6	0,6	-50,6	-45,4
Río Maipo	Metropolitana	218,0	63,8	9,1	15,2	-42,9	-32,0
Río Cachapoal	O` Higgins	205,5	62,2	-23,6	-32,0	-42,9	-50,6
Río Teno	Maule	96,3	57,8	4,2	-3,1	-18,3	-55,4
Río Maule	Maule	396,1	273,4	-5,7	-2,1	-42,4	-39,6

FUENTE: Elaboración propia basado en varios números del Boletín hidrológico de la DGA.

Una mirada de más largo plazo muestra sin embargo que todos los ríos registran caudales que están por debajo de sus promedios históricos (años 1981 – 2010) y, entre los ríos Choapa y Maule, incluso por debajo de su mínimo histórico (Figura 2.7).

Figura 2.7 Caudales (Q) promedio 2018-2019 comparado con el promedio 1981-2010 (m³/seg.)





FUENTE: Elaboración propia en base a datos de la Dirección General de Aguas (DGA), Ministerio de Obras Públicas

2.1.1.3 Balance hídrico

La reciente actualización del Balance Hídrico nacional encargado por la DGA³ a las Universidades de Chile y Pontificia Universidad Católica de Chile, tomó como referencia cinco cuencas pilotos situadas desde el norte al extremo sur del país. El estudio comparó las principales variables meteorológicas registradas en las cuencas de los ríos Loa, Choapa, Maipo, Imperial y Aysén, en los períodos 1950 – 1980, 1985 – 2015. Los resultados de este estudio son los siguientes;

Cuenca del río Loa. El régimen de precipitaciones está fuertemente influenciado por el invierno altiplánico ya que prácticamente el 80% de la precipitación ocurre entre los meses de diciembre a marzo. La escorrentía es relativamente plana, con un régimen pluvial, generando sus máximos caudales medios mensuales en los meses de verano. La evapotranspiración sigue el comportamiento esperando teniendo los mayores valores durante el verano por la mayor disponibilidad energética de la atmósfera y de agua disponible.

Cuenca del río Choapa. El régimen de precipitaciones es mayoritariamente invernal, donde el 88% de la precipitación ocurre entre los meses de abril a agosto. La escorrentía por su parte presenta un régimen nivo-pluvial con un caudal medio mensual máximo en el mes de noviembre. La evapotranspiración presenta las mayores tasas durante los meses de junio a septiembre debido a la mayor disponibilidad de agua en esta época respecto a los meses de verano.

Cuenca del río Maipo. El régimen de precipitaciones es mayoritariamente invernal, donde el 79% de la precipitación ocurre entre los meses de abril a agosto. La escorrentía por su parte presenta un régimen nivo-pluvial y un caudal medio mensual máximo en el mes de diciembre. La evapotranspiración presenta las mayores tasas durante los meses de junio a noviembre debido a la mayor disponibilidad de agua en esta época respecto a los meses de verano. Durante los meses de verano la evapotranspiración producto del riego aumenta considerablemente respecto a lo que ocurre durante el resto del año hidrológico.

Cuenca del río Imperial. Es posible apreciar que el régimen de precipitaciones es más uniforme durante el año que en las cuencas anteriores, donde el 88% de la precipitación ocurre entre los meses de abril a noviembre. La escorrentía por su parte presenta un régimen pluvial con un caudal máximo en el mes de diciembre. La evapotranspiración presenta un comportamiento prácticamente uniforme durante todo el año, debido a que es una zona donde la evapotranspiración potencial está limitada por la poca energía solar de esas latitudes, sumado a la mayor presencia de humedad atmosférica producto de las precipitaciones que ocurren prácticamente durante todo el año.

Cuenca del río Aysén. El régimen de precipitaciones es prácticamente uniforme durante el año donde el 89% de la precipitación ocurre entre los meses de abril a diciembre. La escorrentía por su parte presenta un régimen nivo-pluvial con un coeficiente de escorrentía de 0,73 y un caudal medio mensual máximo en el mes de octubre. La evapotranspiración por su parte presenta un comportamiento prácticamente uniforme durante todo el año, debido a que es una zona donde la evapotranspiración potencial está limitada por la poca energía solar de esas latitudes, sumado a la mayor presencia de humedad atmosférica producto de las precipitaciones que ocurren prácticamente durante todo el año.

Estos resultados ponen de relieve la importancia de la disminución de precipitaciones y elevación de la cota cero en el caso los ríos cuyo régimen de escorrentía es principalmente nivo-pluvial.

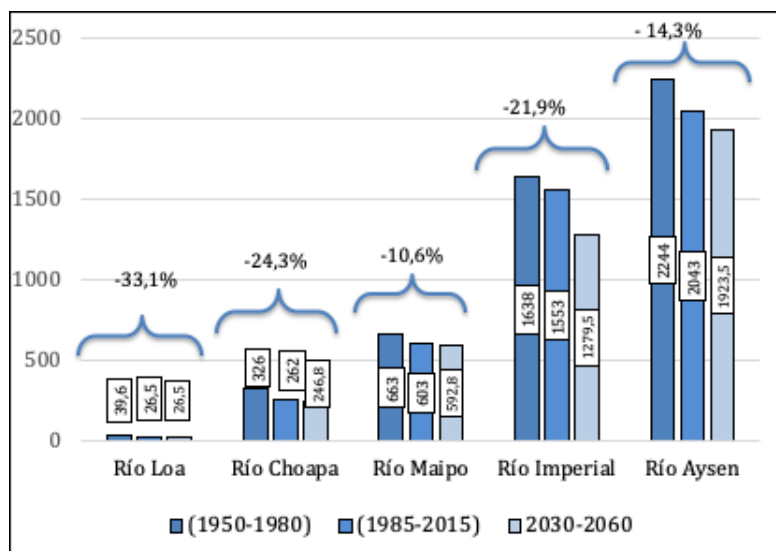
Aprovechando la información contenida en este trabajo sobre las variables precipitaciones, escorrentía y evapotranspiración para los años 1950–1980 y 1985–2015 en las cinco cuencas de los ríos antes mencionados, se agregaron las proyecciones realizadas para el promedio 2030–2060, a fin de considerar la posible incidencia del cambio climático. Estas proyecciones corresponden a su vez a los resultados generados por cuatro modelos de circulación general⁴ utilizados por el Panel Internacional para el cambio climático, grupo científico internacional que provee de información y estudios de posibles impactos, a la Convención Marco de las Naciones Unidas para el Cambio Climático. Para ilustrar respecto de dichos impactos, se promediaron los resultados de los cuatro modelos para las variables de precipitaciones, escorrentía y evapotranspiración, información que se agregó a la existente para los períodos 1950–1980 y 1985–2015.

En el caso de las precipitaciones, éstas disminuyen un 33,1% en el río Loa, un 24,3% en el río Choapa, un 10,6% en el río Maipo, un 21,9% en el río Imperial y finalmente un 14,3% en el río Aysén.

3 Actualización del Balance Hídrico Nacional realizado por: Universidad de Chile Pontificia Universidad Católica de Chile, Octubre 2017

4 CCSM, generado por The Community Climate System Model, CSIRO, de la Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization de Australia (CSIRO), el IPSL, del Institut Pierre Simon Laplace y el MIROC del Center for Climate System Research (The University of Tokyo), National Institute for Environmental Studies, and Frontier Research Center for Global Change (JAMSTEC), Japón

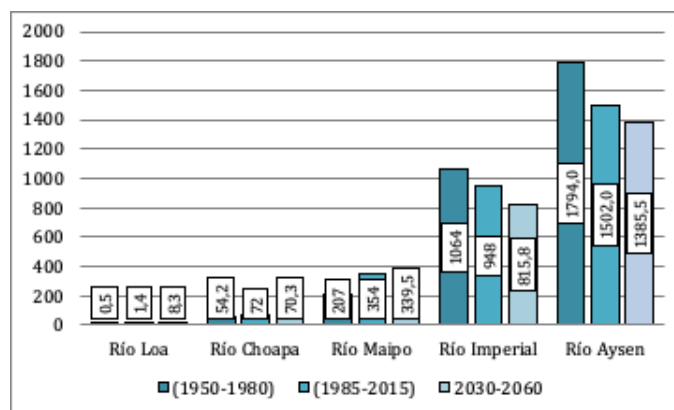
Figura 2.8 Precipitaciones considerando cambio climático (mm)



FUENTE: Elaboración propia en base a antecedentes de la Actualización del Balance Hídrico Nacional realizado por: Universidad de Chile Pontificia Universidad Católica de Chile, Octubre 2017

En el caso de la escorrentía, ésta aumenta en los ríos Loa, Choapa y Maipo y disminuye hacia la macrozona sur y austral en los ríos Imperial y Aysén. En el río Loa el incremento de la escorrentía es muy elevado, pero debe considerarse que ello corresponde a valores muy bajos.

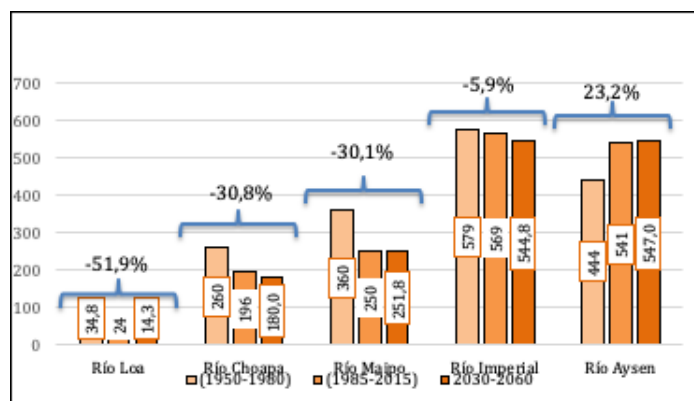
Figura 2.9 Escorrentía considerando cambio climático (mm)



FUENTE: Elaboración propia en base a antecedentes de la Actualización del Balance Hídrico Nacional realizado por: Universidad de Chile Pontificia Universidad Católica de Chile, Octubre 2017

Por último la evapotranspiración, disminuye en todos los ríos a excepción del río Aysén

Figura 2.9 Escorrentía considerando cambio climático (mm)



FUENTE: Elaboración propia en base a antecedentes de la Actualización del Balance Hídrico Nacional realizado por: Universidad de Chile Pontificia Universidad Católica de Chile, Octubre 2017

2.1.2 Aguas Subterráneas.

La recarga media estimada alcanza aproximadamente 55 m³/s desde la RM al norte (Salazar, 2003). Al sur de la región del Libertador B. O'Higgins no hay datos precisos pero se estima una recarga de alrededor de 160 m³/s entre las regiones VII y X (DGA, 2011).

La utilización efectiva de las aguas subterráneas fue estimada en 88 m³/s en 2003, de los cuales 49% se utilizaba para la agricultura, 35% para abastecimiento poblacional y 16% para industria (Salazar, 2003). En la actualidad este valor bordea los 100 m³. Las aguas subterráneas son particularmente importantes para los sectores minero y sanitario, representando alrededor de 63% de los DAA mineros en 2006 (Proust Consultores, 2008) y 46% de los usos por agua potable (SISS, 2010). Son particularmente importantes para la agricultura del norte a partir de la Región de Valparaíso. La mayor parte de los acuíferos se encuentran sobreexigidos en Chile debido a la inexistencia de modelos hidrogeológicos operacionales que ayuden a racionalizar la gestión de las aguas subterráneas (Santibáñez, 2016).

De acuerdo a la información más reciente de la DGA, en las Regiones de Arica-Parinacota y de Tarapacá los acuíferos mantienen niveles y fluctuaciones que están dentro de lo normal. Sólo en la zona de la en la Pampa del Tamarugal los niveles vienen bajando desde el año 2012, estando algunos secos. En la Región de Antofagasta, los acuíferos mantienen niveles y fluctuaciones que están dentro de lo normal, es decir, aunque presentan variaciones en sus mediciones, estas se mantienen dentro de una tendencia horizontal a lo largo del tiempo. Sólo la cuenca del río Loa tuvo una baja importante a partir de mayo del 2015 pero que se estabilizó en enero de 2016.

En la Región de Atacama, en la zona alta de la cuenca del río Copiapó, hasta el embalse Lautaro, los niveles presentan fluctuaciones regulares sin una tendencia definida. En la zona intermedia que va desde el embalse Lautaro y hasta el sector Piedra Colgada, existe un importante descenso en la napa la cual se había estabilizado después de las lluvias de los años anteriores y que presenta una cierta recuperación en el último año. En la zona baja no se presentan señales importantes de depresión de la napa. En la cuenca del río Huasco, no se observa una tendencia definida.

En la Región de Coquimbo, en la cuenca del río Los Choros, sólo en la zona media se observa tendencia a una baja sostenida. En la cuenca del río Elqui, los niveles muestran una fuerte recuperación en los últimos años producto de las precipitaciones del año 2015. En la cuenca costera del estero Culebrón se mantiene una marcada tendencia a la baja a partir del año 1994. En la cuenca del río Limarí los niveles no muestran una tendencia definida, aunque se observa una leve alza en los últimos meses. En la cuenca del río Choapa se tenía una tendencia a la baja a lo largo del tiempo, la cual se estabilizó el año 2015 con una recuperación importante a partir de octubre de ese año, producto de las precipitaciones.

En la Región de Valparaíso, en los ríos Petorca y Ligua se observan fluctuaciones, pero sin una tendencia definida. En la cuenca del río Aconcagua, la situación era de una tendencia constante a la baja en la zona media, pero de menor magnitud. Esta situación cambió a partir de mayo de 2015 debido a las precipitaciones registradas ese año. Actualmente se observa una estabilización de los niveles.

En la Región Metropolitana de Santiago se observa una cierta estabilidad en los niveles con variaciones de menor magnitud.

En la Región del Libertador General Bernardo O'Higgins los acuíferos mantienen niveles y fluctuaciones que están dentro de lo normal, sin una tendencia claramente definida.

En la Región del Maule se tuvo una disminución importante de los niveles entre enero y agosto del año 2018 pero que se recuperó totalmente a fines de ese año.

En las Regiones de Ñuble, Biobío, la Araucanía y Los Ríos se tienen niveles que aunque fluctuantes no presentan una tendencia definida. En la Región de Los Lagos se observa una variación de los niveles la que se repite todos los años sin mostrar una tendencia definida.

Cuadro 2.5 Estado de las aguas subterráneas en julio del 2019

Regiones	Se mantienen	Bajan	Se recuperan
Arica Parinacota	Normal		
Tarapacá		Pampa Tamarugal	
Antofagasta	Normal	Río Loa	Río Loa mayo 2015 Normalizado desde enero 2016
Atacama	Fluctuaciones	Desde embalse Lautaro a Piedra colgada	
Coquimbo	Cuenca Río Limarí	Río Los Choros, zona media Cuenca Estero Culebrón Río Choapa	Cuenca Río Elqui
Valparaíso	Petorca y La Ligua Aconcagua tiende a estabilizarse	Río Aconcagua zona media	
Metropolitana	Normal		
L. B. O' Higgins	Normal		
Maule	Disminuciones de enero a agosto, pero se recuperó después		Maule
Biobío	Fluctuante		
Concepción	Fluctuante		
Araucanía	Fluctuante		
Los Ríos	Fluctuante		
Los Lagos	Sin tendencia definida		

2.1.3 Calidad de las Aguas

2.1.3.1 Calidad de aguas en ríos

Se evaluó la calidad de las aguas de los ríos del país, a través de un análisis de los principales cursos de agua en las zonas Norte, Centro, Sur y Austral. Los ríos comprendidos en la zona norte son el Lluta en la estación de medición de la carretera Panamericana, el Loa en la estación Finca, el río Copiapó y el río Elqui en La Serena. En el caso de la zona central se incluyeron los ríos Aconcagua, Rapel y Maule. Para zona sur, los ríos Biobío Calle, Calle, Toltén y Cruces y finalmente para la zona Austral, los ríos Aysén y las Minas en Punta Arenas.

Para el análisis se consideró la evolución de los principales parámetros biofísicos medidos en cada estación correspondiente a cada uno de los ríos de cada zona. Estos parámetros corresponden al Aluminio, Arsénico, Boro, Cadmio, Calcio, Cianuro, Cloruro, Cobre, Cromo, Fluoruro, Fósforo, Hierro, Litio, Magnesio, Manganeseo, Mercurio, Molibdeno, Níquel, Nitrógeno, Plata, Potasio, Plomo Selenio, Sodio, Sulfato y Zinc. A ello se agregaron el Oxígeno Disuelto, la Conductividad eléctrica y el pH.

A fin de conocer la situación de cada parámetro de calidad de las aguas en cada río, se estableció para cada uno de todos los elementos considerados, en cuanto superaba o no porcentualmente los umbrales admisibles de acuerdo a las normas chilenas para cada fin. Los resultados se presentan en los gráficos que siguen. En ellos se consideran solamente aquellos elementos que superan las normas de calidad a los umbrales máximos permisibles.

A más de lo anterior, se examinaron los contenidos de Oxígeno disuelto, el pH y la Conductividad Eléctrica (CE) y para cada río de la macrozona concluyéndose que en los dos primeros los resultados están dentro de las normas, no así en cuanto a la Conductividad Eléctrica, parámetro que supera largamente en todos los ríos, las cifras establecidas en las normas de calidad correspondientes.

Las normas chilenas para los elementos químicos se establecieron considerando su toxicidad u otros aspectos dañinos para los seres vivos.

Cuadro 2.6 Norma Chilena NCh 1333 para aguas de riego

Elemento	Unidad	Límite máximo
Aluminio	mg/l	5
Arsénico	mg/l	0,1
Bario	mg/l	4,0
Berilio	mg/l	0,1
Boro	mg/l	0,75
Cadmio	mg/l	0,010
Cianuro	mg/l	0,20
Cloruro	mg/l	200
Cobalto	mg/l	0,050
Cloro	mg/l	0,20
Cromo	mg/l	0,10
Fluoruro	mg/l	1
Hierro	mg/l	5
Litio	mg/l	2,50
Litio (Cítricos)	mg/l	0,075
Manganeso	mg/l	0,20
Mercurio	mg/l	0,001
Molibdeno	mg/l	0,010
Níquel	mg/l	0,20
Plata	mg/l	0,20
Plomo	mg/l	5
Selenio	mg/l	0,020
Sodio porcentual	%	35
Sulfato	mg/l	250
Vanadio	mg/l	0,10
Zinc	mg/l	2

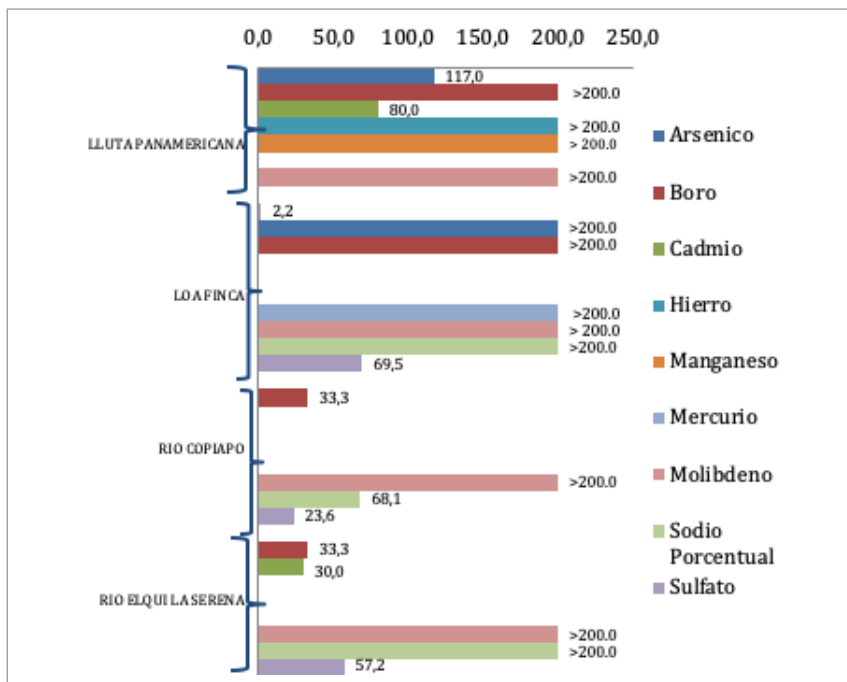
FUENTE: Instituto Chileno de Normalización

Adicionalmente, según las normas vigentes de calidad de aguas para el Oxígeno disuelto, (NCh 1333 Of 78) las aguas dulces destinadas a ser usadas para vida acuática deben presentar un valor mínimo de 5 mg/l. La misma norma establece que para Agua generalmente no se observarán efectos perjudiciales en las aguas que presenten una CE igual o inferior a 750 μ mhos/cm. En el caso del pH, la norma establece que debe situarse entre 6,5 y 8,5 para el consumo humano. Según la norma chilena de requisitos de calidad de agua para diferentes usos (NCh 1333 Of 78) los valores de pH deben estar entre 5,5 y 9 para regadío. Para el agua destinada a recreación con contacto directo (natación, buceo, esquí acuático, etc.) el pH debe estar entre 6,5 y 8,3 y para las áreas dulces destinadas a ser usadas para vida acuática, el pH debe estar entre 6 y 9.

Del análisis realizado, se puede constatar que los ríos de la zona norte son los que exceden en mayor grado un significativo número de parámetros de calidad de las aguas. El río Lluta por ejemplo, excede en mucho más del 200%, los umbrales aceptables para aguas de riego en boro, manganeso y hierro y en un 117%, las normas para el arsénico.

El río Loa por su parte, es el que presenta la situación más comprometida pues que excede en más del 200%, los parámetros de calidad del arsénico, boro, molibdeno y sodio. En el río Copiapó es el boro el problema más importante y el río Elqui, el boro y el sodio, todos ellos exceden sobre el 200% las normas de calidad de aguas.

Figura 2.11 Calidad de las aguas de la zona Norte. Porcientos sobre la norma Año 201

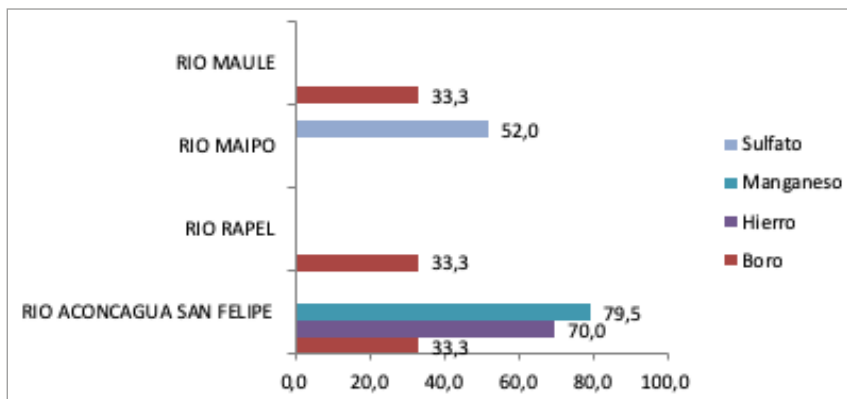


FUENTE: Elaboración propia en base a información del banco de datos de la DGA.

Para los ríos de la zona central, Aconcagua, Maipo, Rapel y Maule, el Manganeseo, Hierro y el Boro son los elementos químicos que superan la norma de calidad establecida, siendo el río Aconcagua el que presenta un exceso de contenido de estos tres elementos, mientras que el río Rapel y Maule tienen exceso de Boro y el Maipo de sulfatos.

En cuanto al pH, la Conductividad Eléctrica y el Oxígeno disuelto, los tres ríos están dentro de los parámetros exigidos por la norma.

Figura 2.12 Calidad de las aguas de los ríos de la zona Central. Porcientos sobre la norma Año 2019

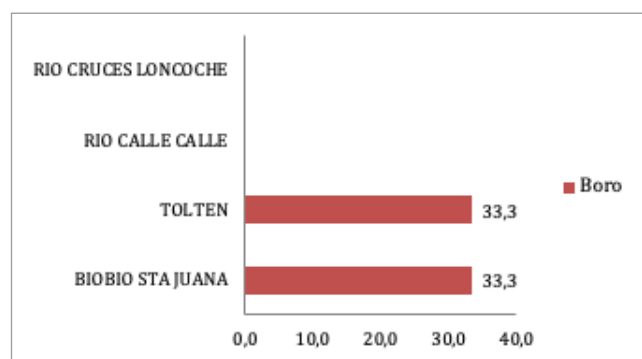


FUENTE: Elaboración propia en base a información del banco de datos de la DGA.

En la macrozona sur, solo los ríos Biobío, y Toltén presentan exceso de contenido de boro superando la norma en un 33,3% en ambos casos. Los otros dos ríos presentan valores muy pequeños por sobre la norma. Los otros parámetros para considerar, pH, Conductividad eléctrica y Oxígeno disuelto, todos los valores están dentro de lo exigido por la norma.

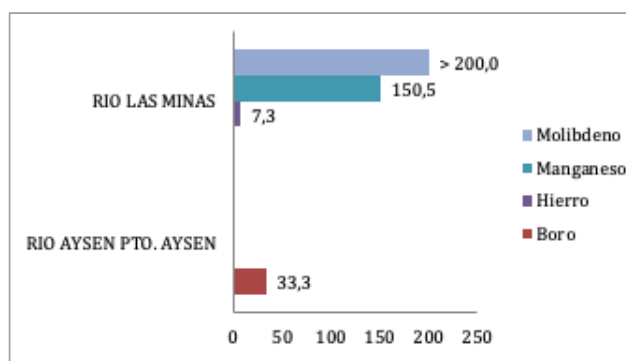
Finalmente en la macrozona austral, el río Las Minas en Punta Arenas, presenta un alto contenido de manganeso en sus aguas, el que excede en más de un 150% lo establecido en la norma. Este río también presenta un exceso de hierro, pero que excede por poco más de un 7% la norma. El río Aysén por su parte presenta un contenido de boro que supera en un tercio lo permitido por la norma.

Figura 2.13 Calidad de las aguas de los ríos. zona Sur. Porcientos sobre la norma. Año 2019



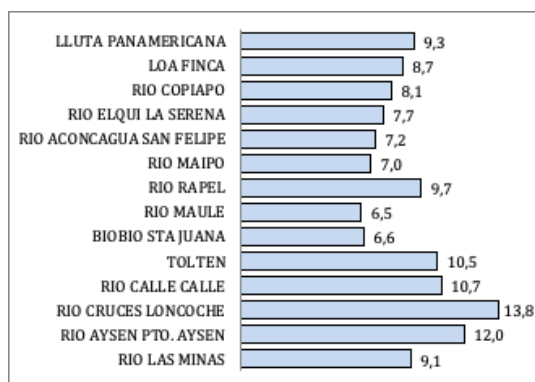
FUENTE: Elaboración propia en base a información del banco de datos de la DGA.

Figura 2.14 Calidad de las aguas de los ríos de la zona Austral. Porcientos sobre la norma Año 2019



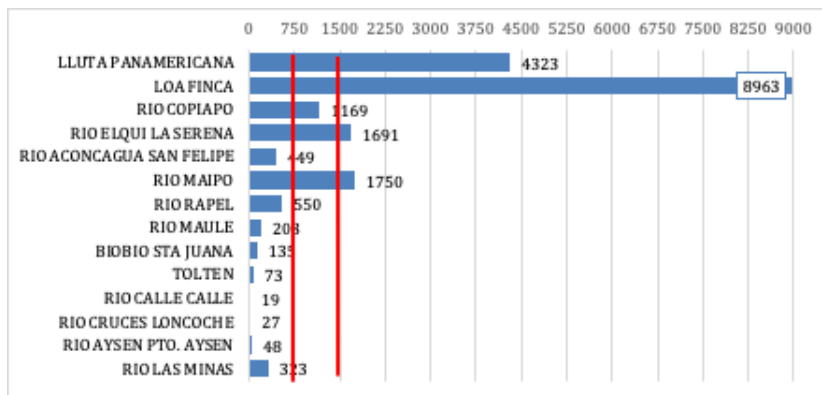
FUENTE: Elaboración propia en base a información del banco de datos de la DGA.

Figura 2.15 Oxígeno disuelto en el agua de los ríos



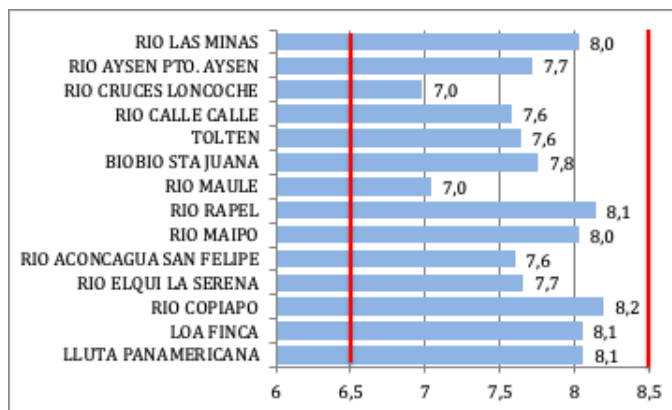
FUENTE: Elaboración propia en base a información del banco de datos de la DGA.

Figura 2.16 Conductividad eléctrica en los ríos



FUENTE: Elaboración propia en base a información del banco de datos de la DGA.

Figura 2.17 pH en los ríos de Chile



FUENTE: Elaboración propia en base a información del banco de datos de la DGA.

- Cambios temporales en los parámetros de calidad de las aguas de ríos

Se examinaron los datos sobre cada uno de los parámetros en los catorce ríos de trece de Regiones del país, comparando la situación del año 2015 con el último dato disponible hacia el presente.

Del análisis realizado se pudo constatar que la información sobre cada parámetro varía sensiblemente a lo largo del año e incluso dentro de la misma estación y mes. Por esta razón se trabajó con promedios estacionales y se definieron las categorías en función de si los valores eran aproximadamente iguales o subían o bajaban respecto del año 2015 o el más cercano en caso de que para dicho año no hubiera la información para esa estación. Para definir los puntos de cortes entre la categoría “igual” y “subió” o “bajó”, se tomó en consideración la variación de 1,5 veces del valor registrado en la estación de medición, respecto de la media estacional.

Los resultados se ordenaron para las cuatro zonas con sus catorce ríos.

Cuadro 2.7 Variaciones de los parámetros de calidad de agua respecto del año 2015.

	Norte				Centro				Sur				Austral	
Elementos	Lluta	Loa	Copiapó	Elqui	Aconcagua	Maipo	Rapel	Maule	Biobío	Tolten	Calle Calle	Cruces	Aysén	Las Minas
Plata	Igual	Igual	Igual	Igual	Igual	igual	Igual	Igual	Igual	Igual	Igual	Igual	Igual	Igual
Aluminio	Igual	Igual	Bajó	igual							Igual	Igual		bajó
Arsénico	Igual	Bajó	subió	igual	subió	bajó	igual	bajó	igual	igual	Igual	Igual	Igual	Igual
Boro	Igual	Igual	Igual	igual		igual	igual	igual	igual	igual	Igual	Igual	Igual	subió
Cloruro	bajó	subió	subió	bajó	subió	subió	subió	subió	subió	subió	bajó	bajó	bajó	igual
Cadmio	Igual	Igual	Igual	igual	igual	igual	igual	igual	igual	igual	igual		igual	igual
Calcio	Igual	subió	Igual	igual	subió	igual	subió	subió	bajó	bajó	igual	bajó	igual	igual
Cromo	Igual	Igual	Igual			igual						bajó		
Cobre	Igual	bajó	bajó	bajó	subió	bajó	bajó	bajó	subió	bajó	bajó	bajó	bajó	bajó
Hierro	Igual	Igual	bajó	subió	subió	igual	subió	subió	subió	subió	bajó	subió	igual	subió
Mercurio	Igual	Igual	bajó	bajó	bajó	bajó	bajó	bajó	bajó	bajó	bajó	bajó	bajó	bajó
Potasio	Igual	Igual	bajó	bajó		igual	bajó	igual	bajó	bajó	igual	subió	bajó	subió
Magnesio	subió	Igual	Igual	bajó	subió	igual	igual	subió	bajó	bajó	igual	bajó	bajó	subió
Manganeso	bajó	Igual	bajó	subió	subió	igual	subió	subió	bajó	bajó	subió	bajó	bajó	subió
Molibdeno	subió	subió	subió											subió
Nitrógeno	igual	igual	igual	subió							bajó	subió	bajó	
Sodio	bajó	Bajó	igual		subió	subió	bajó	igual	bajó	bajó	bajó	bajó	bajó	bajó
Níquel	igual	Bajó	bajó	bajó	bajó	bajó	bajó	igual	bajó	bajó	bajó		bajó	bajó
Fósforo											bajó			
Plomo	bajó	bajó	bajó	bajó	bajó	igual	bajó	bajó	bajó	bajó	bajó	bajó	bajó	bajó
Selenio		igual	igual			igual					igual			
Sulfato	Fluctúa	bajó	igual	subió	bajó	igual	igual	bajó	bajó	bajó	bajó	bajó	bajó	subió
Zinc	igual	igual	igual	igual	igual	igual	igual	igual	igual	igual	igual	igual	subió	
Oxígeno disuelto	igual	igual	igual	bajó	bajó	subió	subió	subió	bajó	igual	subió	subió	subió	bajó
Conductividad eléctrica	subió	igual	igual	bajó	igual	igual	bajó	bajó	bajó	bajó	bajó	bajó	bajó	bajó
pH	igual	igual	igual	igual	igual	subió	igual	igual	igual	subió	igual	igual	igual	igual

FUENTE: Elaboración propia en base a información del banco de datos de la DGA

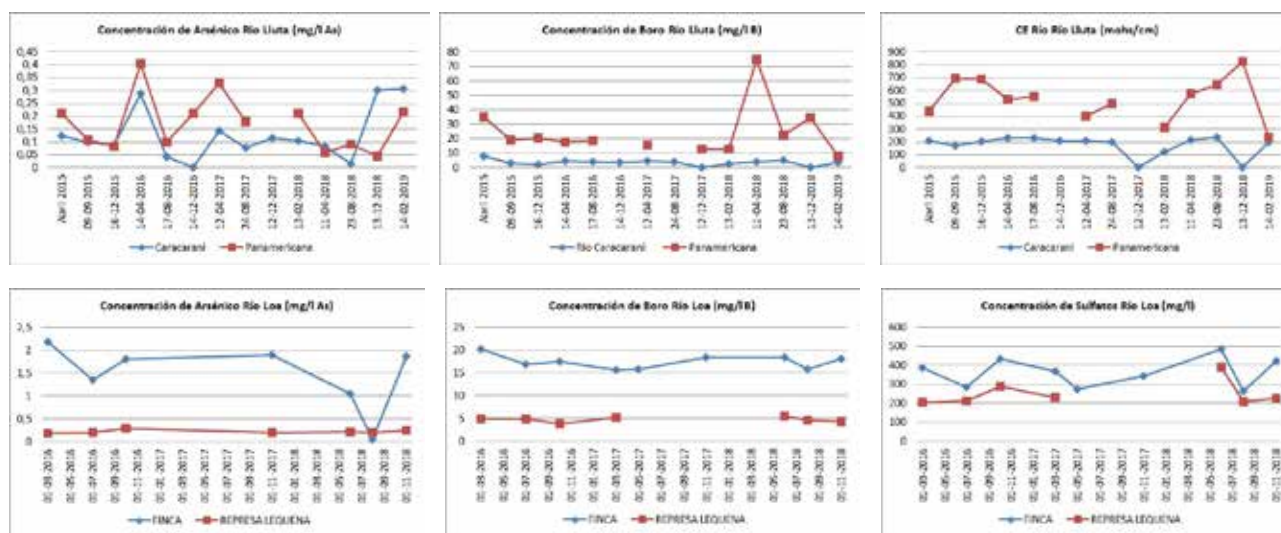
2.1.3.2 Evolución de los principales problemas de calidad del agua de los ríos

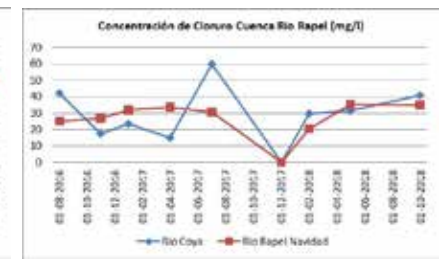
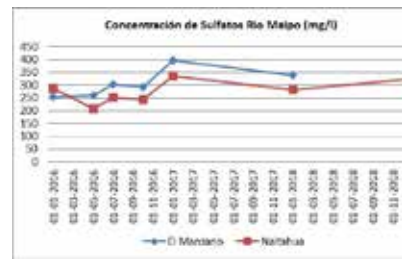
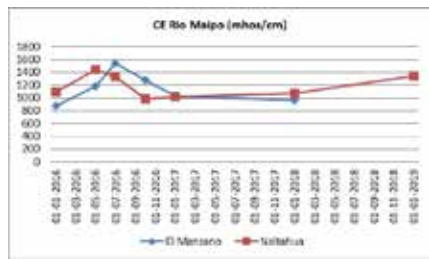
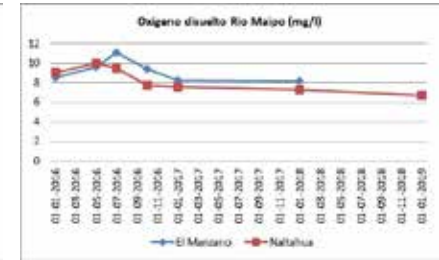
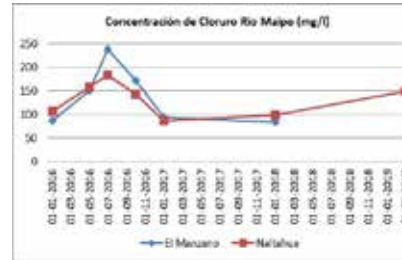
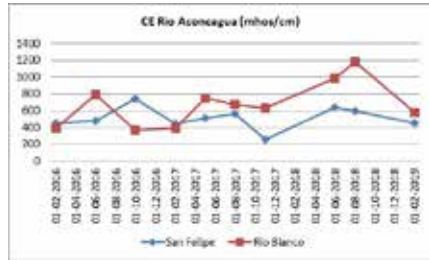
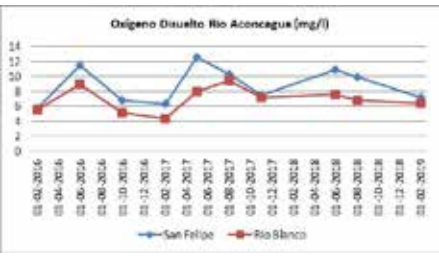
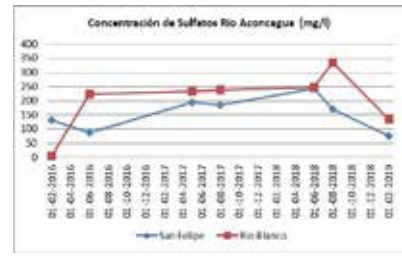
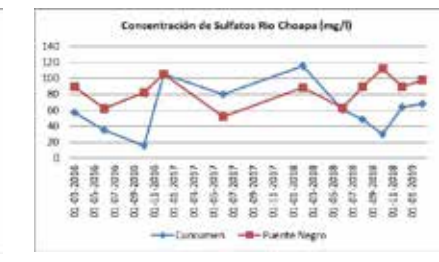
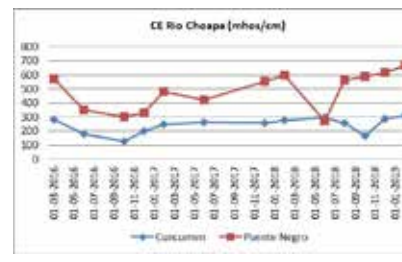
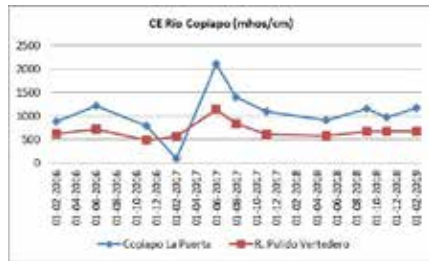
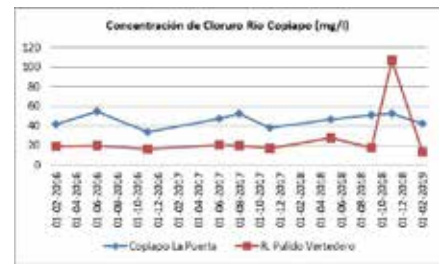
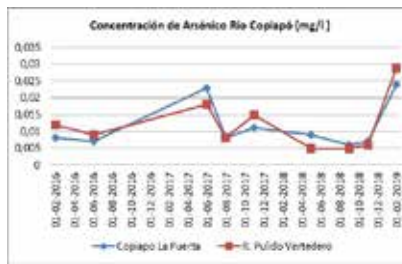
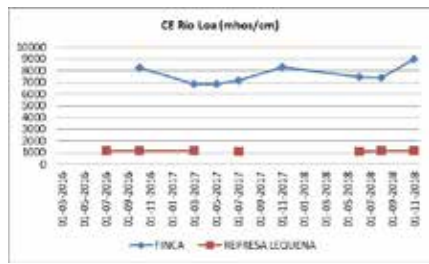
Cuadro 2.8 Principales problemas de calidad de las aguas de los ríos.

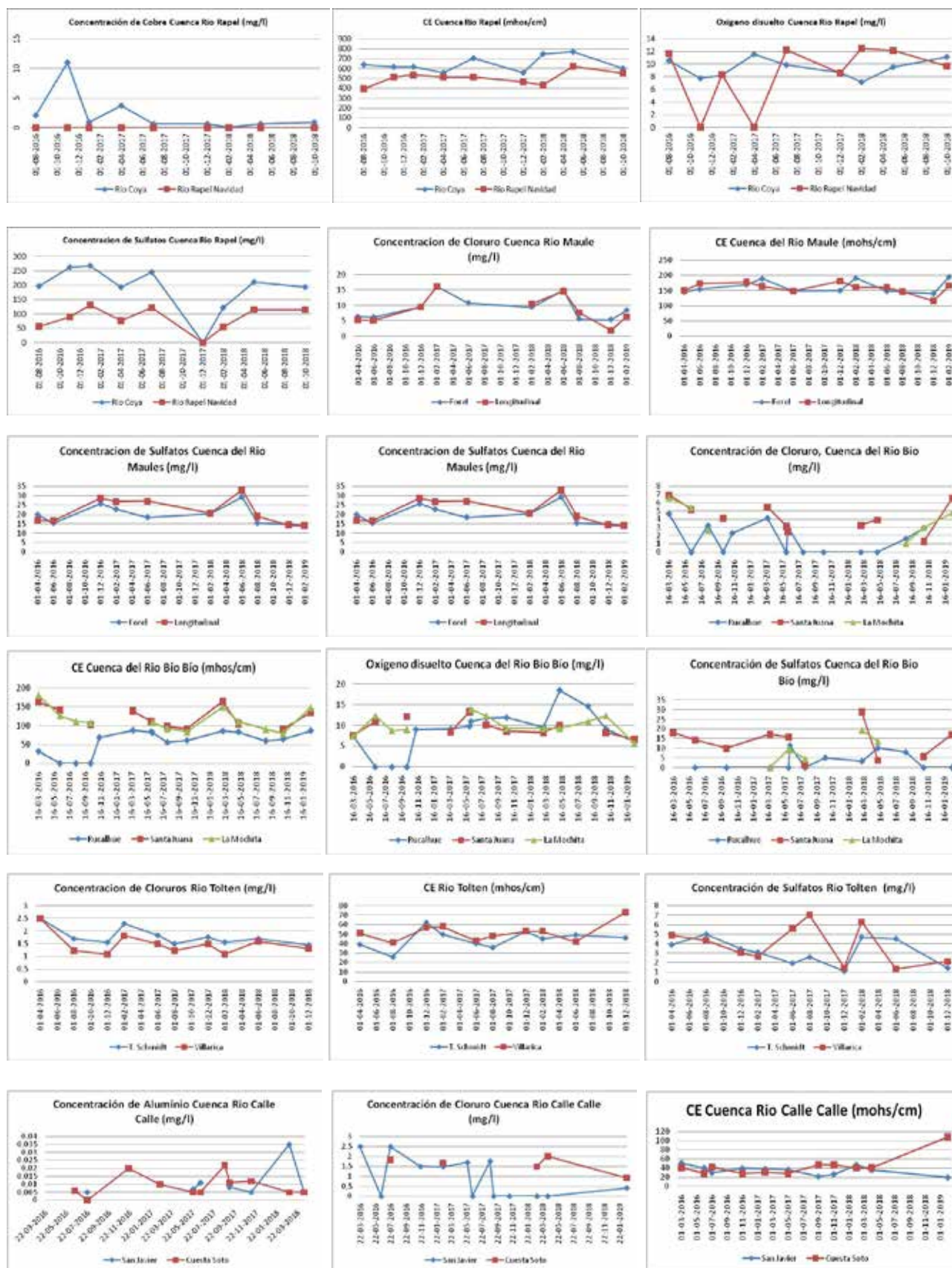
Región	2006-2011	2011- 2016	2018-2019
Arica Parinacota	Arsénico	Arsénico, Cadmio	Arsénico, Boro, Cadmio Hierro, Manganeseo
Tarapacá	Arsénico	Arsénico, Mercurio	Arsénico, Boro, Mercurio
Antofagasta	Arsénico	Arsénico	Arsénico, Boro, Mercurio, Molibdeno, Plomo, Sulfato
Atacama	Arsénico	Arsénico, Mercurio	Molibdeno, Boro, Sodio
Coquimbo	Arsénico, Cobre, Cianuro, Cadmio	Arsénico, CE, Níquel	Sodio, Molibdeno, Sulfato, CE
Valparaíso	Cobre, Mercurio	Arsénico, OD	Manganeseo, Boro, Hierro
RM	Cobre, Mercurio Molibdeno, CE	Arsénico, Cadmio, Cobre, Molibdeno	Cloruro. Sulfato, CE
O'Higgins	Cobre, Molibdeno, CE	Molibdeno, CE, Arsénico	Boro
Maule	Nitrato	Arsénico, Cadmio	Boro
Biobío		Arsénico, CE	Boro
Araucanía	Mercurio	Mercurio	Boro
Los Ríos	Níquel	Arsénico, Mercurio	Boro
Los Lagos	Mercurio		Boro
Aisén		Boro	Boro
Magallanes		Manganeseo	Manganeseo

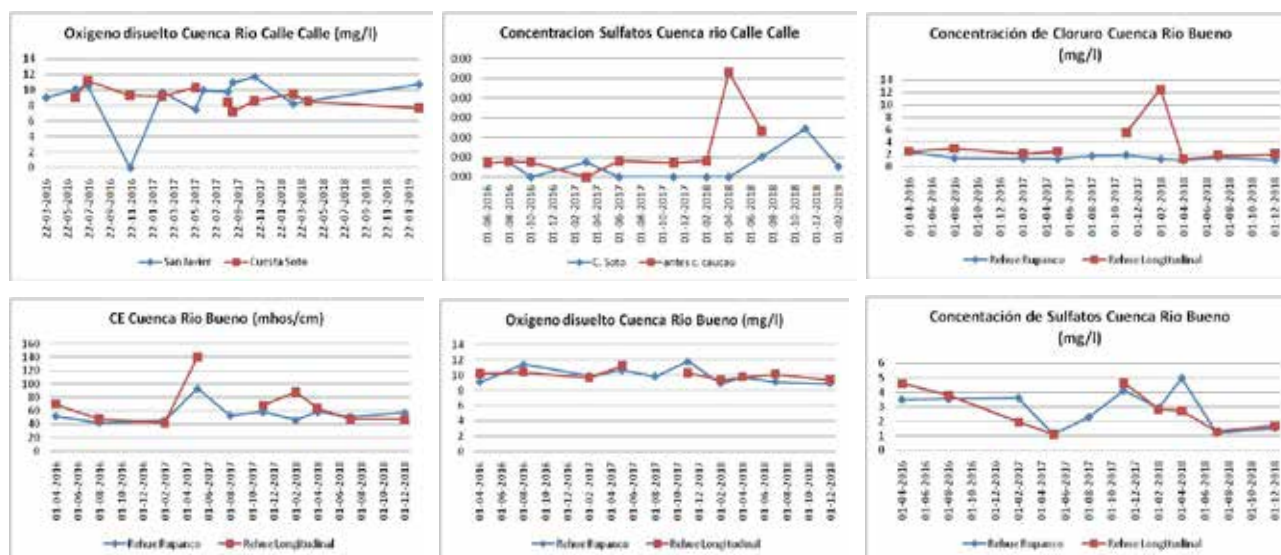
FUENTE: Elaboración propia en base a información del banco de datos de la DGA

Figura 2.17 Parámetros de calidad de las aguas de ríos









FUENTE: Elaboración propia en base a información del banco de datos de la DGA.

2.1.3.3 Calidad de las aguas de los lagos

La evaluación cuantitativa del estado trófico y el grado de contaminación de los sistemas lacustres es de gran trascendencia en gestión ambiental territorial, ya que permite establecer restricciones de usos de estos recursos (MOP, Atlas del Agua, 2016). Esta se evalúa en función de la concentración de nutrientes principalmente nitrógeno y fósforo) y clorofila. De acuerdo a ello, los lagos se pueden clasificar en las siguientes 4 categorías: Oligotrófico, Meso Trófico, Eutrófico, e Hipertrofico.⁵

El Atlas del Agua elaboró un cuadro en el que recoge la información de fines del año 2014 sobre la condición trófica de veinte lagos o lagunas desde la Región Metropolitana hasta la Región X de Los Lagos.

Los antecedentes muestran que siete lagos localizados entre la VIII y X Región, cumplen con el 100% de la condición de Oligotrofia y en seis casos más se superó el 90%. Ello indica que la mayor parte de los y lagunas examinados, poseen aguas sumamente claras, con alta calidad para uso como agua potable y sus aguas tienen mucho oxígeno por lo que soportan una mayor biodiversidad en sus ambientes. En el otro extremo, está la Laguna Torca de la región de O'Higgins y más recientemente, la laguna de Aculeo.

Cuadro 2.9 Condición trófica de la red de control de lagos DGA (veces en que se cumplió cada condición)

Región	Lago o laguna	Oligotrofia (%)	Mesotrofia (%)	Eutrofia (%)	Hipereutrofia (%)
RM	Laguna de Aculeo	8	13	30	48
VII	Laguna Torca	0	0	0	100
	Lago Vichuquén	0	57	36	0
VIII	Laguna Grande de San Pedro	34	54	11	0
	Lago Lanalhue	26	38	34	0
	Lago Lleulleu	100	0	0	0

⁵ **Lago Oligotrófico:** es un medio de agua con baja productividad primaria, como resultado de contenidos bajos de nutrientes (nitrógeno y fósforo). Estos lagos tienen poca producción de algas, y consecuentemente, poseen aguas sumamente claras, con alta calidad para uso como agua potable. Las aguas de estos lagos tienen típicamente mucho oxígeno por lo que soportan una mayor biodiversidad en sus ambientes.

Lago Meso trófico: es un cuerpo de agua con un nivel intermedio de productividad, mayor que el de un lago oligotrófico, pero menor que el de un lago eutrófico. Estos lagos tienen comúnmente aguas claras, mantienen lechos de plantas acuáticas sumergidas con niveles medios de nutrientes y con menores niveles de oxígeno en sus aguas.

Lago Eutrófico: es aquel hábitat o ambiente caracterizado por una mayor abundancia de nutrientes (nitrógeno y fósforo) que un lago meso trófico, pero aun con menores niveles que un lago hipertrofico. Presentan menores niveles de oxígeno y biodiversidad en su ambiente que los meso tróficos.

Lago Hipertrofico: en estos cuerpos de agua la producción de algas alcanza un máximo, lo que provoca un enturbiamiento que impide que la luz penetre hasta el fondo del ecosistema, como consecuencia, se dificulta la fotosíntesis y la producción de oxígeno, aumentando la actividad metabólica consumidora de oxígeno (respiración aeróbica). De esta manera, el fondo del lago entra en una condición anoxia, es decir, sin presencia de oxígeno, provocando una disminución en la biodiversidad en este ambiente. (Atlas del Agua, MOP 2016)

IX	Lago Colico	100	0	0	0
	Lago Caburgua	96	4	0	0
	Lago Villarrica	86	13	1	0
	Lago Calafquén	99	1	0	0
XIV	Lago Panguipulli	91	8	0	0
	Lago Neltume	100	0	0	0
	Lago Riñihue	92	8	0	0
	Lago Ranco	95	5	0	0
	Lago Maihue	99	0	0	0
X	Lago Puyehue	100	0	0	0
	Lago Rupanco	100	0	0	0
	Lago Todos Los Santos	100	0	0	0
	Lago Llanquihue	100	0	0	0
	Lago Chapo	79	22	0	0

FUENTE: El Atlas del Agua, MOP, 2016

Una mirada que cubre varios años, la entrega el informe “Red de monitoreo ambiental de ecosistemas acuáticos de Chile: Insumo para plataforma de humedales de Chile” encargado por el Ministerio del Ambiente en agosto del 2017. Dicho estudio hace un análisis de entre otras variables, de la condición trófica de un conjunto de ríos, lagos y lagunas del país, comparando el comportamiento y la tendencia de dicha variable para los años 2011, 2013, 2015 y 2016.

Los datos confirman que la Laguna Torca tiende a la eutrofia e hipereutrofia al igual que la Laguna El Yali.

Cuadro 2.10 Nivel trófico años 2011-2016 de algunos lagos y lagunas

Región	Sistema	Nivel trófico promedio histórico	Tendencia del nivel trófico		
			Sentido	Magnitud	Tipo
Biobío	Lago Lleu lleu	Oligotrófico	Mantiene	-	-
O'Higgins	Lago Vichuquén	Oligotrófico	Mantiene	-	-
La Araucanía	Lago Budi	Mesotrófico	Aumento	Leve	-
Biobío	Lago Lanalhue	Mesotrófico	Aumento	Leve	Cambio de tendencia
Valparaíso	Laguna El Yali	Mesotrófico	Aumento	Medio	Sostenido
O'Higgins	Laguna Torca	Eutrófico	Aumento	Alto	Cambio de tendencia

FUENTE: Red de Monitoreo Ambiental de Ecosistemas Acuáticos de Chile: Insumo para plataforma de Humedales de Chile. Ministerio del Ambiente, 2017.

2.1.3.4 Calidad de las aguas subterráneas

De acuerdo a la información disponible, entre los años 2010 y 2015, han disminuido significativamente las descargas de emisiones de cloruros a las aguas subterráneas, mientras aumentaron de manera importante las descargas de aceites y grasas y las de nitrógeno total. Por último las descargas de sulfatos disminuyeron ligeramente hacia el 2010 para volver a recuperar sus niveles el 2015.

2.1.3.5 Agua potable

Para medir la calidad del agua potable en Chile la Superintendencia de Servicios Sanitarios (SISS) utiliza un conjunto de indicadores. Para que el agua suministrada sea considerada potable y sin riesgos para la salud humana la norma establece que debe cumplir 43 parámetros de calidad, que se pueden agrupar en cuatro tipos de criterios:

- Presencia de Químicos y Metales
- Turbiedad y presencia de microorganismos
- Características físicas detectables por los sentidos (color, olor y sabor)
- Desinfección y ausencia de bacterias

La Superintendencia de Servicios Sanitarios (SISS) elabora los indicadores a partir de información extraída y suministrada por 19 empresas sanitarias, que representan el 99,7% de los clientes urbanos totales a nivel nacional. Los indicadores se construyen considerando factores relacionados con niveles bacteriológicos, turbiedad, cloro libre residual, parámetros críticos y parámetros no críticos. Los parámetros críticos son aquellos parámetros, característicos de la fuente o del servicio, tóxicos u organolépticos (Tipo II o Tipo IV), que en ausencia o falla del proceso de tratamiento superan el límite máximo especificado en la norma chilena NCh409/1, establecida por el Instituto Nacional de Normalización.

A partir del 2010 se observa una mejora constante tanto en los parámetros de calidad como de muestreo. En particular, en el 2017 se observa una leve baja respecto al año 2016 de 0,3 puntos porcentuales en los parámetros de calidad y de 0,6 puntos porcentuales en los parámetros de muestreo.

Cuadro 2.11 Cumplimiento de las normas para agua potable años 2016-2019 (%)

	Bacteriología	Turbiedad	Cloro libre	Parámetros Críticos	Parámetros No Críticos
2016	99.9	99.5	99.4	98.7	99.7
2017	99.3	98.7	99.7	98.9	99.5
2018	100	99.3	97.3	99.2	99.6
2019*	99.5	87.9	99.8	98.3	99.7
* hasta junio					

FUENTE: Superintendencia de Servicios Sanitarios SISS

2.1.4 Glaciares

En los últimos años se ha incrementado de manera importante la instalación de estaciones meteorológicas y/o balizas para medir la meteorología en los glaciares y el derretimiento alcanzado durante una temporada de ablación, así como la investigación sobre el aporte de los glaciares a la escorrentía. La gran dificultad de este tipo de mediciones es que producto de las nevadas, no siempre es posible instalar estaciones de medición continua, resultando en campañas costosas de instalación y desinstalación de estas en la temporada de deshielo.

Chile posee 24.214 glaciares, los que cubren una superficie total de 23.641 Km² con un volumen de 3.532 Km³ que equivale a 3.178 Km³ de agua. Si se considera que el total de aguas renovables del país alcanzan a los 922 Km³ (Santibáñez, 2016), se puede tener una dimensión de la importancia de esta enorme reserva de agua dulce.

Cuadro 2.12 Glaciares de Chile

Zona	Región	Área de Glaciares Km2	%	Número de Glaciares	%	Volumen de Glaciares Km3	%	Valor equivalente agua Km3	%
Norte	XV	12,2	0,05	174	0,72	0,17	0,005	0,09	0
	I	24,6	0,1	244	1,01	0,39	0,011	0,27	0
	II	7,2	0,03	139	0,58	0,09	0,003	0,05	0
	III	89,3	0,38	776	3,22	1,9	0,052	1,49	0,04
	IV	46,9	0,2	809	3,35	0,72	0,019	0,42	0,01
Centro	V	135,8	0,57	715	2,97	4,01	0,11	2,89	0
	RM	388,3	1,04	999	4,14	14,41	0,41	11,4	0,3
	VI	292,3	1,24	683	2,83	13,19	0,37	11,52	0,3
	VII	38,2	0,16	218	0,9	0,9	0,003	0,77	0
Sur	VIII	45,8	0,19	198	0,82	1,79	0,005	1,61	0
	IX	53,3	0,23	224	0,51	2,19	0,006	2,06	0
	XIV	42,6	0,18	72	0,3	2,1	0,006	1,98	0

	X	785,5	3,32	2602		10,79	27,36	0,77	26,42	0,7
Austral	XI	10.357,00	43,81	9556		39,64	1743	49,35	1569	49,4
	XII	11.322,00	47,89	6805		28,22	1720	48,7	1548	48,7
Total		23641	99,39	24214		100	3532,22	99,82	3177,97	99,45

FUENTE: DGA, 2016

No obstante lo anterior, el conocimiento sobre los glaciares es aún, a pesar de lo cual estudios realizados por el Ministerio del Medio Ambiente y principalmente por la Dirección General de Aguas (DGA) del Ministerio de Obras Públicas, coinciden en destacar que todos los glaciares investigados a lo largo de todo el país registran retroceso frontal o pérdida de masa a partir del año 2003, con una sola excepción del glaciar El Rincón en la Región Metropolitana. En un sentido contrario, está el caso del glaciar Juncal Sur, en la Región Metropolitana también, el que perdió 50 metros por año en el periodo 1955-1997 según un estudio realizado por la DGA.

2.2 CAUSAS DEL ESTADO DE LAS AGUAS CONTINENTALES

Existe una abundante evidencia sobre la crítica situación que enfrenta el país respecto de las aguas continentales. En las últimas décadas ha crecido de manera importante la demanda por este recurso y al mismo tiempo ha mermado la oferta, dando ello lugar a una situación de escasez hídrica agudizada por una persistente sequía que afecta a buena parte del territorio nacional.

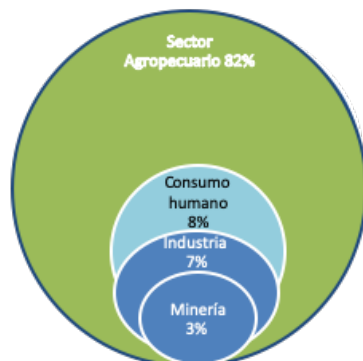
Son varios factores que confluyen sobre esta situación. Destacan en primer término, la creciente demanda de los sectores productivos y sociales y los efectos del cambio climático que se manifiestan cada vez más claramente. Frente a este cuadro, la escasa y difusa capacidad del Estado para actuar con la eficacia y eficiencia que la situación requiere, agudiza aún más esta problemática. La dispersión de funciones en un elevado número de organismos y dependencias públicas y privadas que se traslapan e incluso se contraponen, más la vigencia de un código de aguas y otras regulaciones que no se condice con la gravedad de la situación, determinan que la acción pública incida escasamente sobre la realidad antes señalada.

2.2.1 Uso del agua por los distintos sectores

El sector agropecuario consume el 82% del agua disponible, en tanto que el agua para consumo humano y saneamiento alcanza al 8%. Por su parte, la industria y la minería consumen el 7 y 3% respectivamente. Naturalmente, dada las diferencias productivas y de disponibilidad en cada región, esta distribución cambia radicalmente a lo largo del territorio.

La estructura productiva de Chile es intensiva en el uso de agua, lo cual queda en evidencia al constatar la huella de agua de nuestros principales productos de exportación y de consumo interno. Ello es válido en primer lugar para la agricultura y la ganadería que consume la mayor parte del agua, como desde luego para la minería que consume menos, sus productos son de mayor valor, pero buena parte de ella está localizada en lugares donde hay poca agua, produciéndose conflictos por su uso con los otros sectores económicos y sociales. Es el caso por ejemplo de la cuenca del río Copiapó, sometida a un gran estrés por crecientes demandas de la agricultura y la minería y además por parte de la población para bebida y saneamiento.

Figura 2.19 Consumo de agua por sectores



2.2.2 Tenencia de la tierra y su relación con el uso del agua

2.2.2.1 La concentración de la propiedad de la tierra

La construcción, principalmente por parte del Estado, de numerosos embalses que serán descritos en la sección que trata del embalsamiento, constituyó un pilar fundamental para el dinámico desarrollo de la actividad frutícola iniciada en las últimas dos décadas del siglo pasado y continuada con mayor intensidad a partir de los primeros años del siglo XXI

Los embalses también facilitaron la incorporación de pequeños y medianos propietarios a este tipo de cultivos, altamente intensivos, quienes con el apoyo de programas especiales de la Comisión Nacional de Riego y del Instituto de Desarrollo Agropecuario, INDAP, pudieron mejorar sus niveles de seguridad hídrica y acceder a sistemas de riego tecnificado. Esto permitió la expansión de la superficie de cultivos nuevos, especialmente de especies menores y mayores de frutales, entre los cuales se pueden mencionar almendros, arándanos, ciruelos europeos, cerezos, frambuesa, kiwi, limoneros, manzanos rojos, nectarinos nogal, olivos, palto y vid de mesa. Sin embargo, todos estos cultivos requieren significativos volúmenes de riego, disponibles en forma continua y permanente, por lo que dado las condiciones climáticas de las Regiones donde se han desarrollado, ello ha sido posible gracias a la construcción de embalses y obras asociadas, tales como la instalación de sistemas de riego tecnificado y revestimiento de canales.

Cuadro 2.13 Expansión de la superficie de frutales en algunas Regiones (especies mayores)

Región	Período	Variación Ha plantadas(%)
Atacama	1999-2018	12,1
Coquimbo	1999-2018	91,3
Valparaíso	1997-2017	58,3
Metropolitana	1997-2017	29,7
O'Higgins	1995-2018	58,8
Maule	1994-2019	153,3
Bío Bío	2000-2019	366,0

FUENTE: ODEPA, Evolución Superficie Frutícola por Región. 2019

No obstante la vigorosa expansión de cultivos de alta rentabilidad, y sus efectos en los ingresos de pequeños y medianos productores y desde luego, de los grandes, la estructura de tenencia de la tierra y los altos grados de concentración que se observan en la agricultura tienen una alta correlación con la titularidad de los derechos de aprovechamiento para el uso de los recursos hídricos. La dispar relación entre el alto porcentaje de productores pequeños respecto de la superficie cultivada es una característica común en todas las regiones donde se han desarrollado este tipo de cultivos. La reducción de la disponibilidad de agua observada con mayor fuerza en los últimos cinco años, particularmente entre las Regiones de Atacama y del Bío Bío está afectando severamente la sostenibilidad y continuidad de los cultivos de aquellos productores que tienen una menor asignación de derechos.

Cuadro 2.14 Concentración de la fruticultura en las Regiones de Atacama a Biobío y Ñuble

Región de Atacama Tamaño de la explotación	Productores (% respecto del total)	Superficie Cultivada (% respecto del Total)
Menores de 5 Ha	46,4	2,6
Entre 5 Ha y 50 ha	38,1	14,1
Más de 50 Ha	15,6	83,3
TOTAL	100,0	100,0
Región de Coquimbo Tamaño de la explotación	Productores (% respecto del total)	Superficie Cultivada (% respecto del Total)
Menores de 5 Ha	38,6	3,1
Entre 5 Ha y 50 ha	46,1	18,1
Más de 50 Ha	15,3	78,8
TOTAL	100,0	100,0
TOTAL	100,0	100,0

Región de Valparaíso Tamaño de la explotación	Productores (% respecto del total)	Superficie Cultivada (% respecto del Total)
Menores de 5 Ha	42	4,7
Entre 5 Ha y 50 ha	46	31,7
Más de 50 Ha	12	63,6
TOTAL	100,0	100,0
Región Metropolitana Tamaño de la explotación	Productores (% respecto del total)	Superficie Cultivada (% respecto del Total)
Menores de 5 Ha	19	1,1
Entre 5 Ha y 50 ha	54,6	21,6
Más de 50 Ha	25,6	77,3
TOTAL	100,0	100,0
Región de O'Higgins Tamaño de la explotación	Productores (% respecto del total)	Superficie Cultivada (% respecto del Total)
Menores de 5 Ha	21,7	1,4
Entre 5 Ha y 50 ha	54,8	26,7
Más de 50 Ha	23,5	71,9
TOTAL	100,0	100,0
Región de Maule Tamaño de la explotación	Productores (% respecto del total)	Superficie Cultivada (% respecto del Total)
Menores de 5 Ha	33,4	2,2
Entre 5 Ha y 50 ha	46,8	22,3
Más de 50 Ha	19,8	75,5
TOTAL	100,0	100,0
Región de Biobío y Ñuble Tamaño de la explotación	Productores (% respecto del total)	Superficie Cultivada (% respecto del Total)
Menores de 5 Ha	30,9	3,1
Entre 5 Ha y 50 ha	46,3	14,1
Más de 50 Ha	22,8	72,3
TOTAL	100,0	100,0
FUENTE: Catastros Frutícolas, Varios años, ODEPA		

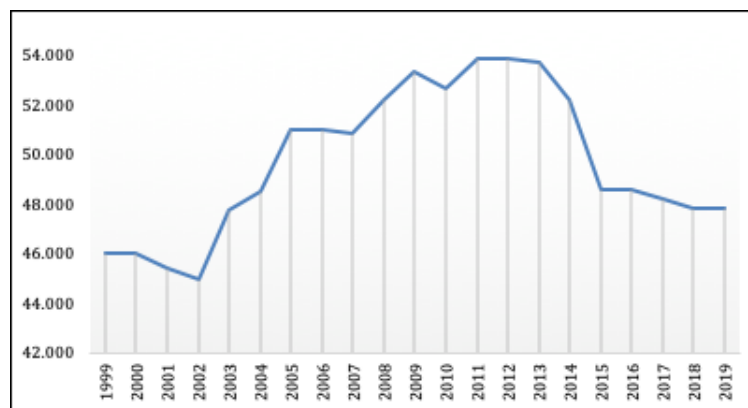
2.2.2.2 Concentración del agua en las mayores propiedades

Dado que no se dispone de información actualizada que permita comparar los cambios ocurridos en la tenencia y propiedad de la tierra para el conjunto de la agricultura (el último censo agropecuario, es del año 2007), se realizó el siguiente análisis

- Se estudiaron los cambios verificados en la superficie de los nueve principales frutales.
- Se estimó el consumo de agua y
- Se analizaron los antecedentes sobre la superficie frutales en general, por tamaño de propiedad, para las Regiones de Coquimbo, Valparaíso, Metropolitana, O'Higgins y el Maule. Estas cinco regiones concentran según la Federación de Productores de frutas de Chile, el 60% del área total plantada con frutales. Cabe señalar que los Catastros no proveen de información desagregada por especie frutal por lo cual no es posible analizar lo que ocurre con las nueve especies más importantes, sino que con el conjunto de la superficie frutal.

Cambios en la superficie de los nueve frutales principales. La información disponible sobre la evolución de la superficie de los nueve frutales que más han aumentado, muestra un crecimiento muy dinámico hasta el año 2013 y una fuerte caída hacia el año 2015 que coincide con un significativo déficit hídrico que afectó a varias regiones del país.

Figura 2.20. Superficie de los nueve frutales principales. Años 1999- 2019

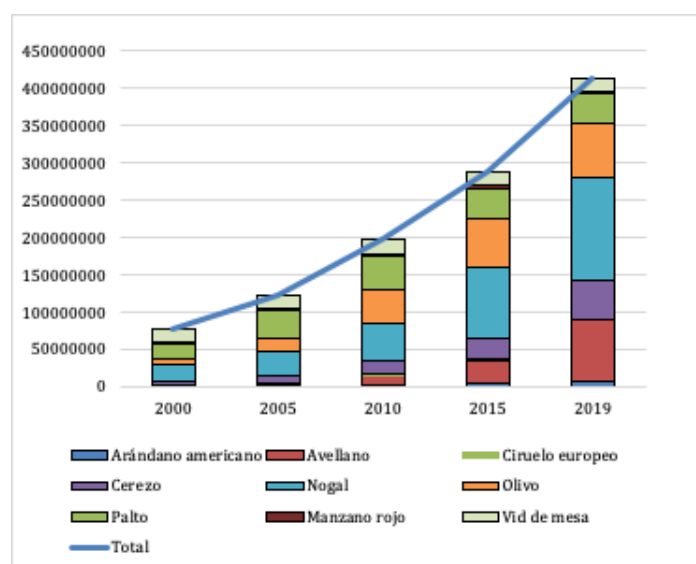


FUENTE: Elaboración propia en base a antecedentes de ODEPA

Consumo de agua de las nueve especies principales de frutales. A continuación se estimó el aumento del consumo de agua derivado del crecimiento de la superficie plantada con estas nueve especies: Arándano Americano, Avellano, Ciruelo europeo, Nogal, Olivo, Palto, Manzano rojo y Vid de Mesa. Para ello y sobre la base de la información sobre rendimientos de los catastros frutícolas, se estimó la producción, a la cual se aplicaron los coeficientes de consumo por hectárea y especie, estimados en varios estudios sobre la Huella de Agua. Dado que estos coeficientes difieren según los autores de los estudios realizados, se optó por las cifras más conservadoras y se consideró la huella hídrica verde.

Los resultados ponen en evidencia el fuerte crecimiento del consumo de agua por parte de estos frutales entre el año 2000 y el 2019, a pesar de la reducción de la superficie provocada por la sequía a partir del año 2015.

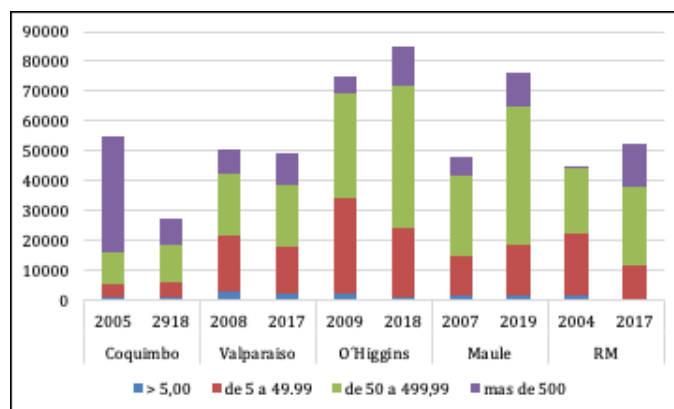
Figura 2.21 . Consumo de agua de las nueve principales especies frutales



Concentración de la superficie de frutales de acuerdo al tamaño de propiedad. A continuación se analizaron las Regiones de Coquimbo, Valparaíso, Metropolitana, O'Higgins y Maule, comparando de acuerdo a la información que se dispone, la situación entre los años 2005 y alrededor de éste, con el año 2019 o próximos. Estas cinco Regiones concentran como ya se dijo, el 60% del área total plantada con frutales. Los resultados muestran la expansión del área de frutales en las propiedades de más de 500 hectáreas en las

Regiones Metropolitana, O´Higgins y Maule, un retroceso en la región de Coquimbo, mientras que la región de Valparaíso, no muestra cambios significativos. Si se consideran las explotaciones entre 50 y 499,99 hectáreas se observa el mismo fenómeno pero a una escala mayor. Como contraparte de lo anterior, disminuye la participación del área de frutales en las explotaciones de menor tamaño, excepto en la Región de Coquimbo.

Figura 2.22 . Superficie frutal según tamaño de las explotaciones. Regiones desde Coquimbo hasta el Maule.



FUENTE: Elaboración propia en base a los Catastros Frutícolas.

2.2.3 Evolución de la capacidad de embalsamiento

2.2.3.1 Capacidad instalada y capacidad usada

Hasta mediados del siglo XX la capacidad de almacenamiento en embalses para riego construidos por el Estado creció a un ritmo muy lento, alcanzando a 500 millones de m³ en la década de los años 50. Posteriormente la tasa de crecimiento se acelera y la capacidad de embalsamiento pasa de 500 millones a 3.500 millones de m³ a principios de los años 70, en buena parte alentada por la reforma agraria. En un lapso de 20 años la capacidad de acumulación de agua creció en siete veces.

Este ritmo de crecimiento se estanca y sólo se reinicia la construcción de grandes embalses a partir de mediados de la década de los 80, particularmente con embalses de doble propósito, de riego y generación hidroeléctrica. En las primeras décadas del siglo XXI se agrega el embalse Convento Viejo, para riego, en la Región de O´Higgins, y también se incorporan tres embalses para hidrogenación, Pangué, Ralco y Angostura, todos ubicados en la parte alta del río Bío Bío en la región del mismo nombre.

De acuerdo al uso principal de los embalses, estos se clasifican en las siguientes categorías; solo Riego, Generación y riego, solo Generación y Agua potable. La capacidad total de los embalses es de 12.960 millones de metros cúbicos.

Territorialmente, la Región de Coquimbo es la que concentra el mayor número de embalses, seguida por la Región del Maule. La mayor capacidad instalada se encuentra en la Región del Bío Bío, seguida por la Región del Maule y luego la de Coquimbo. (Cuadro 2.7).

No obstante que el país posee una capacidad de almacenamiento de agua importante, 12.960 millones de metros cúbicos, menos de la mitad de la capacidad instalada es realmente utilizada, debido precisamente a la disminución de las precipitaciones y de los caudales.

Figura 2.22 Capacidad de almacenamiento en embalses para riego construidos por el Estado. 1911-2009



FUENTE: Dirección General de Aguas, 2011

Chile cuenta con 1.108.559 hectáreas bajo de riego, lo que corresponde al 48% de las tierras con potencial de riego (otras estimaciones señalan que el área regada se situaría actualmente en 1,3 millones de hectáreas), La mayor parte de la superficie actualmente bajo riego, el 72,3% utiliza tecnologías de riego por superficie, el 5,2% de riego por aspersión y el 22,5% de riego localizado, concentrándose en un 55% de éstas dos últimas, en los sectores de más alta productividad dedicado a los rubros de exportación. (FAO, AQUASTAT).

La sostenida tendencia de reducción de las precipitaciones, aumento de las temperaturas y de subida de la cota $^{\circ}\text{C}$ antes detalladas, más la creciente demanda por productos agropecuarios de exportación, en especial frutas, ha incentivado el aumento de las demandas tanto del sector público como del privado, por ampliar la superficie bajo riego artificial desde el norte del país hasta la provincia de Cautín en la Región de la Araucanía.

La superficie arable al sur de Cautín alcanza aproximadamente a 1,5 millones de hectáreas y que por ahora no requieren riego artificial. Parte de los 4,0 millones de hectáreas restantes ubicadas al norte de Temuco, podrían demandar riego artificial. Descontando la superficie ya regada que corresponden a 1,3 millones de hectáreas, y los suelos ondulados del secano costero que presentan mayores dificultades para el riego, queda un saldo de 1,2 millones de hectáreas con aptitud apropiada para el riego.

Es importante destacar que el 85% del área bajo riego, se riega con seguridad y parte importante se hace mediante el uso de embalses, canales y otras obras construidas en las últimas décadas. Gran parte de estas obras de regadío han sido desarrolladas desde 1915 en adelante por la acción directa del Estado con aportes marginales del sector privado. La mayor parte de las obras de regadío se hicieron desde mediados del siglo XIX hasta los años 1970, continuándose posteriormente nuevas obras a partir de 1990, prácticamente todas ellas con inversión pública.

A continuación se describe con mayor detalle algunos de los embalses construidos en los últimos 50 años, los que han jugado un rol fundamental en la expansión de la superficie cultivable, y en especial en la expansión del área cultivada con frutales de exportación. A más de destacar que estas obras han permitido dar seguridad en el riego, han facilitado la introducción de sistemas de riego tecnificado de mayor eficiencia en el uso del agua.

Embalse Puclaro (Hoya del río Elqui). Hasta fines del siglo pasado la hoya del río Elqui, contaba con sólo un embalse de cordillera (embalse La Laguna) el cual regulaba del orden de 40 millones de metros cúbicos, y permitía regar aproximadamente 20.700 ha en condiciones muy desfavorables dada la escasa seguridad de los recursos de agua disponibles. El problema de la zona, radicaba en que el caudal del río en plena temporada de riego, permitía regar en buena forma sólo unas 9.200 ha aproximadamente. Esta situación se solucionó posteriormente con la construcción del embalse Puclaro, el cual permitió regular los caudales provenientes del derretimiento de nieves y expandir la superficie bajo riego seguro en 11.500 ha adicionales de riego. El embalse Puclaro, cuya construcción fue iniciada en 1996 y terminada en Marzo del 2000, se ubica aproximadamente a 50 Km al oriente de la ciudad de La Serena y se encuentra a una altura de 432 m.s.n.m. La capacidad de almacenamiento útil del embalse es de 200 Hm³. La obra beneficia a un total de 2.508 predios, 1.484 de los cuales son inferiores a 5 ha, 529 predios están entre 5,1 y 10 has, 371 predios entre 10,1 y 20 has, 149 entre 20,1 y 40 has, y 87 mayores a 40 has, con un tamaño medio de 8 ha por predio.

Embalse La Paloma (Hoya del río Limarí). Este embalse, construido entre los años 1959 y 1967, está situado en la confluencia de los ríos Grande y Huatulame, aproximadamente a 25 Km al sureste de la ciudad de Ovalle. Junto a los embalses de Recoleta y Cogotí, constituyen un sistema de riego fundamental para la agricultura de la zona y se considera como la gran fortaleza del Valle del Limarí, ya que el sistema permite trasvasar aguas de tres cuencas.

Este embalse puede almacenar 750 Hm³ y está destinado a complementar la seguridad del riego de superficie servida por los embalses Recoleta y Cogotí, que cubren un área agrícola de 57.000 ha con una seguridad de riego del 85%.

Embalse Corrales y sus obras complementarias (Hoya del río Choapa). El embalse Corrales tiene una capacidad de 50 millones y 270 ha de superficie. Se localiza en la provincia de Choapa, comuna de Salamanca, en la zona superior del cauce del Estero Camisas, en su confluencia con el Estero El Durazno. Su objetivo fue incrementar en un 35% la seguridad de riego previo a la construcción del embalse para una superficie de 10.872 ha de terrenos agrícolas de la cuenca del río Choapa.

Las principales actividades de la cuenca del río Choapa son la pequeña y mediana minería, generalmente asociadas al valle del río Illapel, y la agricultura y ganadería, asociadas al valle del Choapa. La actividad agrícola en la zona, caracterizada por el déficit permanente de agua para riego, y está orientada principalmente a la producción de uvas pisqueras 70%, frutales 20% y chacras y cereales 10%. La tenencia de la tierra está dividida entre un alto número de pequeños agricultores, siendo posible identificar un total de 3.697 predios que en su mayoría no superan las 5 ha. Al momento de su construcción, sobre un total de 3.697 predios, el 73% de ellos correspondía a unidades productivas de hasta 5 hectáreas, 15,7% a predios de entre más de 5 a 10, hectáreas, 9,4%, predios con una superficie de entre más de 10 a 20 hectáreas, y el resto a predios sobre las 20 hectáreas.

La presencia de muchos minifundios, la escasez de agua y la escasa actividad industrial, potencian una situación de pobreza y extrema pobreza. Desde este punto de vista, el embalse Corrales es fundamental para el desarrollo de la zona. A fines del 2004 culminó la construcción de esta presa y se constituyó en una de las obras hídricas más importantes para la cuenca del río Choapa. El embalse fue construido por el Ministerio de Obras Públicas, a través de la Dirección de Obras Hidráulicas y actualmente es administrada por la Dirección de Obras Hidráulicas y deberá ser traspasada a los regantes, representados por la Junta de Vigilancia del río Choapa.

Embalse El Bato (Hoya del río Illapel). Su objetivo principal fue aumentar la seguridad de riego en la cuenca del Choapa. Este embalse tiene la particularidad de ser el primero en construirse mediante el sistema de concesiones. El embalse El Bato tiene una capacidad de 25,5 millones de m³, está ubicado a 32 km al nororiente de la ciudad de Illapel, y permite contar con un lago artificial de 117 hectáreas y una capacidad útil de 25,5 millones de metros cúbicos. Es de carácter multianual, regula los caudales del río Illapel y otorga una seguridad de riego de un 80% para 4.150 hectáreas. Al momento de iniciarse el proyecto el número de predios que se beneficiarían se estimó en aproximadamente 680 con 26 canales que están ubicados bajo el embalse. En Junio de 2019 el Gobierno anunció que se ha iniciado el proceso de traspaso a los regantes beneficiarios de esta infraestructura construida y financiada en más del 80% por el Ministerio de Obras Públicas.

Embalse Aromos (Hoya del río Aconcagua). El embalse Aromos se ubica sobre una angostura del estero Limache, situado 12 Km aguas abajo y al occidente de la ciudad de Limache, en la 5ª Región de Valparaíso. Los derechos de aprovechamiento de aguas de esta obra están constituidos a favor del Fisco de Chile, Dirección de Riego (Resolución DGA N° 261 de 15 de Julio de 1992), y consisten en un derecho de aprovechamiento consuntivo, de aguas superficiales y corrientes del Estero Limache, de ejercicio eventual y continuo, por 30 millones de metros cúbicos anuales.

Embalse El Yeso (Hoya del río Maipo). El embalse El Yeso fue construido entre los años 1953 y 1967, a unos 100 Km al sureste de Santiago y a una altura aproximada de 2.558 m.s.n.m. Embalsa las aguas del estero El Yeso, regulando el río Maipo con el objeto de dar mayor seguridad de riego a una extensa zona regada del orden de las 100.000 ha en su variación estacional e interanual, y, también, asegurar el abastecimiento de agua potable y saneamiento de Santiago. La zona que antiguamente servía el río Maipo era de 120.000 ha, pero se redujo a 100.000 ha porque a lo menos 20.000 ha fueron urbanizadas.

Embalse Rungue. El embalse Rungue se encuentra emplazado en el estero del mismo nombre, aproximadamente a 58 Km al norte de la ciudad de Santiago. Almacena aguas del estero Rungue y del estero Caleu para utilizarlas en el riego de aproximadamente 460 ha del valle en los alrededores de Til – Til.

Este embalse fue construido entre los años 1959 y 1964 con una capacidad de 2,28 Hm³, cubre una superficie de 40ha y desde hace un par de años está totalmente seco.

Embalse Los Cristales y construcción de pozos profundos (Hoya del río Rapel). En 1968 el país se vio afectado por una severa sequía y la República Federal Alemana ofreció a Chile ayuda técnica y económica para desarrollar un proyecto de riego, aprovechando aguas subterráneas, en cualquier zona que para tal objeto eligiera la ex Dirección de Riego.

Considerando las dificultades en el normal abastecimiento de agua de riego que sufría el valle del río Claro de Rengo, ubicado aproximadamente a 110 Km al sur de Santiago, el Gobierno nacional optó por desarrollar el área de este valle que cubría alrededor de 8.000

ha cultivables, favoreciendo preferentemente a pequeños productores agrícolas beneficiarios del proceso de Reforma Agraria que estaba en plena ejecución.

La parte fundamental del proyecto, fue, sin duda, la construcción del embalse Laguna de Los Cristales con una capacidad de almacenamiento de 8,5 Hm³ útiles. Las obras fueron terminadas totalmente en 1977.

Embalse Convento Viejo. La edificación del embalse se remonta a 1972, cuando se inició la construcción de un sistema integral que regaría una 50.000 hectáreas nuevas y mejoraría la seguridad de riego de otras 40.000 ha. El proyecto fue abandonado en 1973 y posteriormente desde el año 2005 hasta el 2008 se llevó a cabo una ampliación del embalse. La zona de inundación creció de 700 a cerca de 3.000 hectáreas, y la superficie beneficiada aumentó a 65 mil hectáreas. El proyecto dispone de abundantes recursos hídricos y se localiza en una de las mejores zonas agroclimáticas del país.

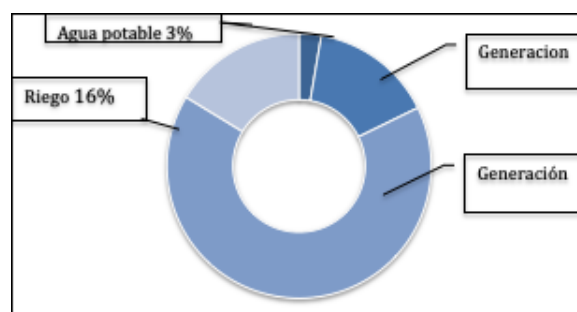
Durante los años 2006 y 2007 se ejecutó la mayor parte de las obras de ampliación del embalse incrementando su capacidad hasta 237 millones de metros cúbicos. Esta etapa fue realizada bajo la modalidad de concesión y formó parte del Programa de Licitaciones del Sistema de Concesiones de Obras Públicas (Ministerio de Obras Públicas, Dirección de Obras Hidráulicas). El proceso de licitación fue adjudicado en abril del año 2005 por un período de 304 meses, aproximadamente 25 años. El proyecto concesionado se ubica a 160 km al sur de Santiago, en la cuenca del Estero Chimbarongo.

Los recursos de agua provienen principalmente del río Chimbarongo y del río Teno, en la hoya hidrográfica del río Mataquito. De las 100.000 ha netas bajo canal, hoy día se riegan en forma estable unas 68.000 ha. El embalse contempla una tercera etapa de expansión hasta 450 Hm³ y cuando haya concluido se dará riego permanente a 150.000 ha. El incremento de superficie regada se avalúa, así, en 82.000 ha de riego nuevo. Por otra parte, mientras el embalse no esté utilizándose plenamente para labores agrícolas, parte de su capacidad de embalse será aprovechada para generar más energía en la Central Rapel, al sumarse a los 750 Hm³ propios de la central.

Embalse Laguna de Maule (Hoya del río Maule). La construcción de este embalse se llevó a cabo entre 1946 y 1958, está situado en el nacimiento del río Maule, a unos 150 Km al oriente del Talca. La construcción de esta presa tuvo por objeto aumentar la capacidad de almacenamiento de la laguna natural para regular el riego del río Maule, aumentando la superficie regada y potenciando la producción de energía eléctrica. En total, el proyecto riega 37.250 hectáreas nuevas y mejoró la seguridad de riego de 162.750 hectáreas. Su capacidad de almacenamiento alcanza a 1.420 Hm³ aunque a fines de agosto de 2019 sólo tenía almacenado un volumen de agua de poco menos del 28% de su capacidad.

De acuerdo a los usos principales de los embalses, el 3% está destinado a abastecer de agua a la población, el 15% para generación de energía, el 16% para riego, y el 66% a generación de energía y riego.

Figura 2.23 Uso principal de los embalses



FUENTE: Elaboración propia en base a antecedentes de la DGA.

Cuadro 2.15. Capacidad de medianos y grandes embalses

Región	Nº de Embalses	Capacidad MM m³	Agosto 2015	Agosto 2016	Agosto 2017	Agosto 2018	Agosto 2019
Antofagasta	1	22	18,0	18,0	19,0	19,0	19,0
Atacama	2	192	42,1	149,4	184,0	188,0	171,0
Coquimbo	8	1.322	148,2	677,7	1.120,5	1.087,4	841,4
Valparaíso	2	130	20,0	36,9	44,9	32,1	20,1
Metropolitana	2	222	99,0	201,0	133,4	125,0	99,0
O´Higgins	2	932	706,0	717,0	656,0	719,0	660,0
Maule	5	3.271	1.717,2	1.538,2	1.374,0	1.418,0	1.393,3
Biobío	4	6.868	2.050,0	1.621,0	1.139,3	1.732,0	2.195,0
TOTAL	26	12.959	4.800,5	4.959,2	4.671,1	5.320,5	5.398,8

FUENTE: Elaboración propia basado en Informes de la Dirección General de Aguas

A nivel nacional los embalses presentan un déficit de un 34% con respecto a sus promedios. El mayor déficit corresponde a los embalses mixtos, dedicados a la generación y al riego, con un déficit de un 55,1%, representando un 65% del volumen promedio total. Los únicos embalses que presenta superávit son los dedicados exclusivamente al riego con un 4% y los dedicados sólo a Generación con un 12,9%, los demás están bajo sus promedios. Con respecto al mes anterior (julio 2019), hubo un aumento en los volúmenes almacenados de un 10%.

Comparado con igual fecha del año anterior, el volumen total embalsado en el país es un 1,1% mayor. Los embalses dedicados sólo a la Generación presentan un mayor almacenamiento de un 31,8%, los embalses mixtos, dedicados a la Generación y al Riego, presentan un leve aumento y los embalses destinados a agua potable y riego presentan déficits alrededor de un 20%.

A fines de Agosto del presente año, el almacenamiento global corresponde a un 41,5% promedio de la capacidad total.

Cuadro 2.16 Volumen embalsado en embalses grandes y medianos. Agosto 2019

Tipo de embalses	Volumen actual	Variación c/r Promedio	Capacidad utilizada	Variación porcentual c/r	
				Mes anterior	Agosto 2018
Solo Riego	1458	4,0%	68,1%	6,2%	-20,0%
Generación y Riego	2374	-55,1%	27,8%	10,6%	5,4%
Solo Generación	1447	12,9%	74,1%	13,1%	31,8%
Agua Potable	119	-48,4%	34,0%	-5,6%	-24,2%
Total	5398	-34,0%	41,5%	9,6%	1,1%

FUENTE: Dirección General de Aguas, Boletín Hidrológico N° 496, Agosto 2019

Cuadro 2.17 Capacidad instalada (millones de m³) y utilizada (%) Julio de cada año.

Año	Sólo riego		Riego y generación		Generación		Agua potable	
	Cap. Instal.	Cap. Utilizad.	Cap. Instal.	Cap. Utilizad.	Cap. Instal.	Cap. Utilizad.	Cap. Instal.	Cap. Utilizada
2004	1847,2	85,9	8546	45,7	695	74,7	351	64,1
2005	1847,2	65,5	8546	49,3	695	74,0	351	69,8
2006	1847,2	81,2	8546	66,8	695	87,1	351	74,1
2007	1847,2	62,3	8546	46,2	1952	46,4	351	53,0
2008	1847,2	63,0	8546	47,7	1952	64,1	351	46,7
2009	1847,2	72,0	8546	37,4	1952	61,9	351	53,3
2010	2084,2	45,3	8546	38,8	1952	49,5	351	59,3

2011	2084,2	47,0	8546	22,5	1952	55,8	350	19,9
2012	2084,2	34,2	8546	24,8	1952	69,8	350	39,1
2013	2107,7	27,3	8546	14,3	1952	53,8	350	53,1
2014	2112,7	25,8	8546	16,8	1952	62,2	350	34,3
2015	2112,7	21,9	8546	20,4	1952	70,0	350	30,7
2016	2112,7	51,6	8546	22,9	1952	55,4	350	73,7
2017	2112,7	80,1	8546	15,9	1952	51,8	350	55,6
2018	2112,7	81,7	8546	25,0	1952	56,3	350	46,9
2019	2112,7	65,4	8546	25,1	1952	65,5	350	36,9

FUENTE: Dirección General de Aguas, Boletín Hidrológico (varios años)

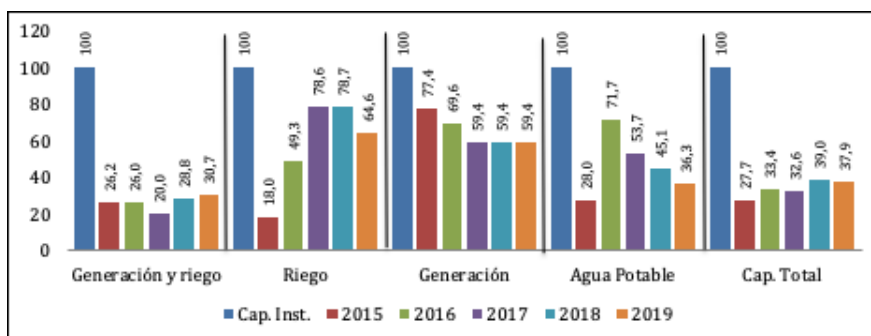
Figura 2.25 Agua acumulada en los embalses en agosto del 2019 respecto a sus capacidades máximas (%)



No.	EMBALSE	%
1	Conchi	82
2	Lautaro	54
3	Santa Juana	95
4	La Laguna	100
5	Puclaro	88
6	Recoleta	81
7	La Paloma	59
8	Cogotí	42
9	Culimo	54
10	El Bato	55
11	Corrales	40
12	Aromos	55
13	Peñuelas	2
14	El Yeso	45
15	Rungue	0
16	Convento Viejo	70
17	Rapel	71
18	Colbún	50
19	Laguna del Maule	28
20	Bullileo	70
21	Digua	81
22	Tututvén	33
23	Coihueco	93
24	Lago Laja	22
25	Ralco	75
26	Pangue	88

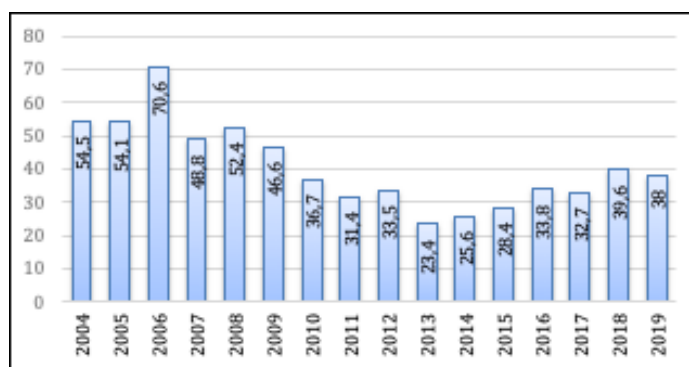
FUENTE: Boletín N° 496 Información Pluviométrica, Fluvimétrica, Estado de Embalses y Aguas Subterráneas, Agosto 2019. DGA

Figura 2.26 Principales embalses de Chile. Capacidad total y capacidad utilizada (%) julio años 2015 a 2019.



FUENTE: Elaboración propia en base a antecedentes de la DGA

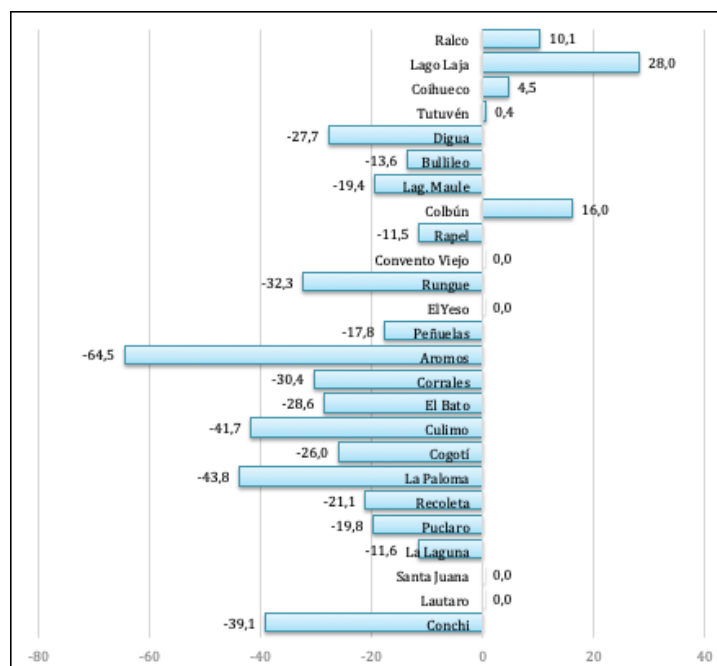
Figura 2.27 Embalses. Déficit – Superávit 2019 – 2018. (%)



FUENTE: Elaboración propia en base a antecedentes de la DGA

Figura 2.28 Embalses. Déficit – Superávit 2019 – 2018. (%)

FUENTE: Elaboración propia en base a antecedentes de la DGA



2.2.3.2 Precipitaciones y efectos en agua embalsada en localidades seleccionadas.

La reducción en el nivel de precipitaciones ha tenido un fuerte impacto en la mayoría de los embalses. En un período de 70 años, tal como se observa en el Cuadro 2.8, el descenso en el nivel de precipitaciones promedio del período 2015-2018 en localidades cercanas al emplazamiento de algunos embalses excede el 52%, respecto del promedio histórico 1951-1980 y en el caso del Lago Peñuelas alcanza al 57,5% para el mismo período de comparación.

Cuadro 2.18 Precipitaciones en localidades de la zona Central 1951-2018. Promedio anual (mm)			
Localidad	1951-1980	1981-2010	2015-2018
Embalse El Yeso	508	475	221
Embalse Lago Peñuelas	690	505	293
Talca	647	457	303
Colorado(San Clemente)	1451	949	686
Curicó	717	457	327
FUENTE: DGA, Balances Hídricos 1987 y 2017			

Las cinco localidades seleccionadas son importantes por el impacto que pueden tener la reducción de las precipitaciones en los embalses situados en lugares cercanos. Así por ejemplo, observando los datos de las precipitaciones se puede explicar, en parte, las variaciones de acumulación de agua que se registran en los embalses de El Yeso, en la Región Metropolitana, el embalse Peñuelas, en la Región de Valparaíso y el Lago Colbún, cercano a la estación de San Clemente en la Región del Maule. Al mes de Agosto de 2019 los niveles de agua embalsada en estos tres lagos, respecto de sus capacidades, alcanzaron al 45%, 2,2% y 50,3% respectivamente.

2.3 DERECHOS DE APROVECHAMIENTO DEL AGUA

2.3.1 Código de aguas

El Código de aguas de 1981 fue antecedido por al menos ocho regulaciones de esta naturaleza, las que van desde la colonia hasta el año 1981. El actual código descartó el sistema de gravámenes a los derechos de agua y no impuso otros costos o tarifas para la concesión de nuevos derechos ni para su goce en el tiempo. Aun cuando las aguas se definen en el actual Código de Aguas como un bien nacional de uso público –cuyo dominio pertenece a la nación y su uso corresponde a todos sus habitantes–, otorga a los particulares el derecho de aprovechamiento sobre las mismas en conformidad a las disposiciones establecidas en el Artículo 5 del mismo Código. Este derecho es un recae sobre las aguas y consiste en el uso y goce de ellas por parte del titular, con los requisitos y en conformidad a las reglas que prescribe el Código de Aguas. (Art. 6)

Para el otorgamiento de derechos de agua, la DGA debe verificar que se cumplan tres requisitos, a saber:

- i) si hay agua disponible donde se la está solicitando;
- ii) que no se interponga con derechos de terceros otorgados previamente; y
- iii) que las formalidades de los trámites se ajusten a lo establecido.

Si se cumplen estos tres requisitos, la DGA está obligada a otorgar los derechos de aprovechamiento. Se establece así que el derecho de aguas es el único derecho de propiedad en Chile que se otorga sin ninguna clase de exigencias, en forma gratuita y a perpetuidad.

Conforme al Código de Aguas, el agua es considerada un bien económico, donde el principal instrumento regulatorio que consagra es el mercado del agua. No hay ni cobros por el uso del agua, ni impuestos específicamente vinculados al agua, ni pagos por descargas de aguas servidas. En general, puede decirse que existe gratuidad en la mantención o tenencia del recurso, en su uso, y en la generación de efectos externos (Dourojeanni y Jouravlev, 1999).

Un argumento recurrente en el debate sobre este tema, se refiere a la necesidad de otorgar certidumbre a los inversionistas y asegurar la eficiencia en el uso de los recursos hídricos. Para ello sería necesario asegurar que el agua sea asignada a los usos más rentables y que garantice a quienes lo poseen, la seguridad de su propiedad a fin de resguardar debidamente las decisiones de inversión. Estos son los criterios bajo los cuales se definieron las características de los derechos de agua en Chile el año 1981, incorporándose incluso a la Constitución Nacional su condición de bien privado, cuya propiedad se entrega a perpetuidad, heredable, y transable en el mercado entre todos los posibles usos.

Se argumenta que gracias a estas ha sido posible el desarrollo agropecuario, el crecimiento de la actividad minera y de la hidroenergía así como de las empresas sanitarias. La realidad muestra por otro lado una situación caracterizada por el control de gran parte de los derechos de agua por determinados sectores que no necesariamente los utilizan para fines productivos, sino más bien con fines especulativos o como barrera a la entrada de nuevos posibles competidores al mercado. La no definición de usos prioritarios, convive con situaciones de escasez de agua poniendo en entredicho incluso en algunas localidades, la atención al primero de los derechos, el consumo humano.

La experiencia internacional pone en evidencia la singularidad de la situación chilena, ya que no existe otra igual en el mundo. En ningún otro país los derechos de agua han sido entregados sin costo alguno, a perpetuidad, ni son heredables y transferibles para cualquier uso de mayor rentabilidad. A ello hay que agregar el hecho de que el agua no está sujeta a cargos de administración aun cuando la infraestructura haya sido provista por el Estado, y su acceso no implica el pago de tarifa alguna.

2.3.1.1 Evolución de la asignación de los Derechos de Aprovechamiento de Agua

Los derechos de aprovechamiento de agua otorgados conforme al Código de Aguas corresponden a extracciones de aguas subterráneas y superficiales y pueden ser de carácter consuntivo y no consuntivo.

Derecho de aprovechamiento consuntivo es aquel que faculta a su titular para consumir totalmente las aguas en cualquier actividad. Derechos no consuntivos son aquellos que permite al titular a emplear el agua sin consumirla y obliga a restituirla en la forma que lo determine el acto de adquisición o de constitución del derecho.

Hasta el año 2017 se había otorgado un caudal de 105.635 m³ por segundo en derechos de aprovechamiento consuntivos, de los cuales 51,5% corresponden a aguas subterráneas y 48,5% a aguas superficiales. Por su parte, los derechos no consuntivos otorgados alcanzaban a 12.633 m³ por segundo y prácticamente el cien por ciento corresponden a aguas superficiales. En el cuadro se observa que más del 60% de los derechos consuntivos de aprovechamiento de aguas superficiales y el 70% de aguas subterráneas, no tiene uso asignado. De los derechos de uso de aguas superficiales con uso asignado, destacan el uso para riego y el de bebida, uso doméstico y saneamiento, concentrando un 21,9% y 13,7% de los derechos consuntivos, respectivamente.

Cuadro 2.19 Derechos de aprovechamiento de aguas superficiales y subterráneas año 2017 (m3/seg)

	Subterráneas				Superficiales			
	Consuntivo	%	No Consuntivo	%	Consuntivo	%	No Consuntivo	%
Uso del agua								
Bebida/Usos Domésticos /Saneamiento	4.415	8,1	1	0,9	7.040	13,7	208	1,7
Energía hidroeléctrica	12	0,0	0	0,0	28	0,1	4.261	34
Otros usos	534	1,0	1	0,95	1.118	2,2	528	4,2
Para observación y análisis	1	0,0	0	0,	2	0,0	10	0,1
Piscicultura	95	0,2	0	0,0	198	0,4	1.464	11,7
Riego	10.691	19,6	0	0,0	11.201	21,9	182	1,5
Silvoagropecuario	3	0,0	0	0,0	122	0,2	2	0,0
Sin uso asignado	38.088	70	31	27,4	31.287	61,1	5.409	43,2
Uso industrial	201	0,4	78	69,0	132	0,3	426	3,4
Uso medicinal	1	0,0	0	0,0	4	0,0	5	0,0
Uso minero	383	0,7	2	1,8	79	0,2	25	0,2
Total	54.424	100	113	100	51.211	100	12.520	100

FUENTE: Ministerio del Medio Ambiente en base a antecedentes de la Dirección General de Aguas.

El número total de derechos superficiales otorgados hasta agosto de 2015 es de 52.581 de los cuales 42.946 corresponden a consuntivos y 9.635 a no consuntivos (Catastro Público de Agua, CPA/DGA)⁶.

El caudal total otorgado para los derechos superficiales es de poco más de 40 millones de litros por segundo de los cuales sólo tres millones corresponde a derechos consuntivos y 37 millones a no consuntivos, principalmente para generación de energía eléctrica.

Información disponible para el año 2006 revela que el uso del agua en el país alcanzaba a 4.711 m³/s de los cuales el 89% corresponde a los usos no consuntivos y el 11% a usos consuntivos. El riego representaba el 73% de las extracciones a nivel nacional, utilizado para regar 1,1 millones de Ha, cifra que ha permanecido prácticamente inalterada en los últimos 10 años, en explotaciones agrícolas que se localizan casi completamente entre las regiones IV a X (INE, 2007). El uso doméstico equivale al 6% de las extracciones y se utiliza para abastecer al 99,8% de la población urbana y rural concentrada. Los usos mineros e industriales representan el 9 y el 12% de las extracciones totales respectivamente. La distribución porcentual sobre la distribución en el uso final del agua, de acuerdo al Atlas del Agua publicado por la DGA el año 2016, revela que el sector agropecuario utiliza el 82% del agua, en tanto que el consumo de agua potable representa el 8%. El resto se distribuye entre el sector industrial y el minero con 7% y 3% respectivamente.

Cuadro 2.20 Crecimiento del uso del agua (m³/s/año)

Uso	1990	1999	2002	2006
Riego	516	611	647	527*
Agua potable	27	34	37	40
Industrial	47	68	77	84
Minería	43	51	53	63
Energía	1.189	2.914	3.929	3.997
Total	1.823	3.678	4.743	4.711

FUENTE: Dirección General de Aguas (DGA)

2.3.2. Fuentes de contaminación por la actividad urbano-industrial

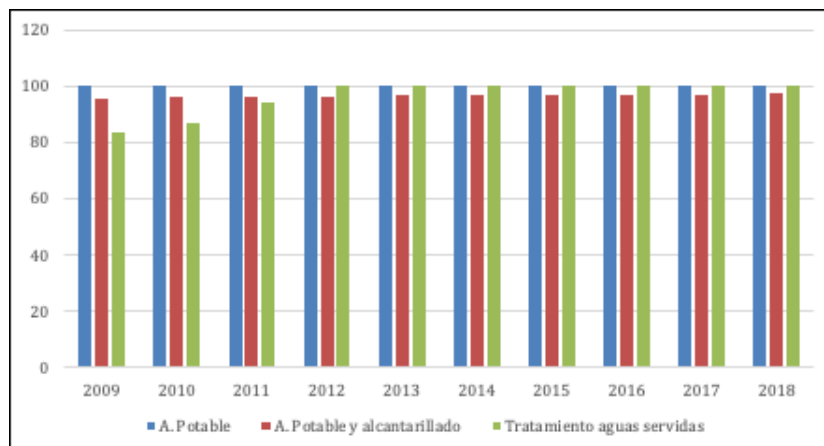
2.3.2.1 Agua potable y alcantarillado

De acuerdo al Informe Anual de Cobertura de Servicios Sanitarios (SISS 2018), un total de 56 empresas de las cuales 25 son de la región Metropolitana, entregan servicios de agua potable, alcantarillado y en casi todos los casos, de tratamiento de aguas servidas. El reporte mencionado indica que el 99,3% de la población cuenta con cobertura urbana de agua potable, cifra levemente superior a la lograda el 2015. Un 97,17% de la población tiene cobertura urbana de alcantarillado cifra también ligeramente superior a la registrada el año 2015. Por último el 99,98%, es decir prácticamente el total de las aguas servidas son tratadas. Las empresas que poseen sistemas de alcantarillado sin tratamiento de aguas servidas son: Cooperativa de Servicio de Abastecimiento de Agua Potable y Alcantarillado de la Comuna de Sagrada Familia en la región del Maule, y la Empresa de Agua Potable El Colorado en la Región Metropolitana.

En el ámbito rural la situación es ligeramente diferente. A diciembre de 2018, existían en el país, 1.902 Sistemas de Agua Potable Rural, los cuales abastecen al 99% de la población de zonas rurales concentradas, alcanzando a 1.735.133 beneficiarios. La Región con mayor cantidad de beneficiarios es la Región del Maule con 297.268, seguida por O'Higgins con 295.911 y Metropolitana con 185.614 personas beneficiadas.

⁶ Dependiendo de su uso final los DAA se clasifican en consuntivos y no consuntivos. Los derechos consuntivos facultan al titular a consumir totalmente las aguas en cualquier actividad. Por el contrario, los derechos no consuntivos, permiten emplear el agua sin consumirla y obligan a restituirla en la forma que lo determine el acto de adquisición o de constitución del derecho.

Figura 2.29 Indicadores de cobertura del agua potable, agua potable y alcantarillado y tratamiento de aguas servidas



FUENTE: SISS

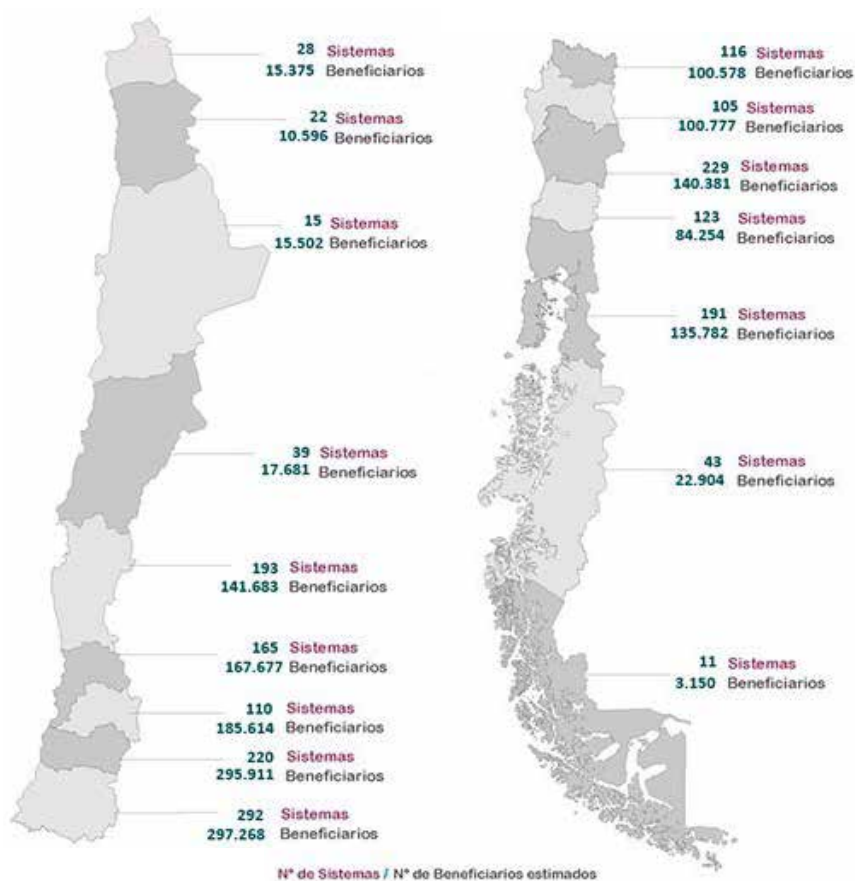
Cuadro 2.21 Cobertura de servicios sanitarios en el país

Región	Empresa	Cobertura de		
		agua potable	alcantarillado	tratamiento de aguas servidas
Arica y Parinacota	AGUAS DEL ALTIPLANO	100,0%	99,7%	100,0%
Tarapacá	AGUAS DEL ALTIPLANO	99,9%	98,2%	100,0%
Antofagasta	AGUAS DE ANTOFAGASTA	100,0%	99,8%	100,0%
Atacama	AGUAS CHAÑAR	99,8%	96,8%	100,0%
Coquimbo	AGUAS DEL VALLE	99,9%	97,5%	100,0%
Coquimbo	AGUAS LA SERENA	100,0%	99,2%	100,0%
Coquimbo	ESETO (TOTORALILLO)	100,0%	0,0%	0,0%
Coquimbo	ESSSI	100,0%	45,8%	100,0%
Valparaíso	ALGARROBO NORTE	96,8%	49,5%	100,0%
Valparaíso	BRISAS DE MIRASOL	98,8%	48,1%	100,0%
Valparaíso	COOPAGUA	100,0%	81,1%	100,0%
Valparaíso	ESSSI	100,0%	32,2%	100,0%
Valparaíso	ESVAL	99,5%	94,0%	100,0%
Valparaíso	MIRASOL DE ALGARROBO	99,5%	33,5%	100,0%
Valparaíso	SASIPA	100,0%	0,0%	0,0%
Metropolitana	AGUAS ANDINAS	100,0%	98,8%	100,0%
Metropolitana	AGUAS CORDILLERA	100,0%	98,9%	100,0%
Metropolitana	AGUAS MANQUEHUE	100,0%	99,5%	100,0%
Metropolitana	AGUAS COLINA	100,0%	100,0%	100,0%
Metropolitana	NOVAGUAS	100,0%	100,0%	100,0%
Metropolitana	SEMBICORP AGUAS SANTIAGO	100,0%	99,3%	100,0%
Metropolitana	AGUAS SANTIAGO PONIENTE	100,0%	100,0%	100,0%
Metropolitana	COSSBO	100,0%	100,0%	100,0%
Metropolitana	EMAPAL	100,0%	100,0%	100,0%

Metropolitana	HUERTOS FAMILIARES	100,0%	100,0%	100,0%
Metropolitana	LA LEONERA	100,0%	100,0%	100,0%
Metropolitana	MELIPILLA NORTE	100,0%	99,0%	100,0%
Metropolitana	SANTA ROSA DEL PERAL	100,0%	65,5%	100,0%
Metropolitana	SELAR LARAPINTA	100,0%	100,0%	100,0%
Metropolitana	SEPPRA - LO PRADO	100,0%	100,0%	100,0%
Metropolitana	SEMBICORP AGUAS CHACABUCO	100,0%	97,1%	100,0%
Metropolitana	SEMBICORP AGUAS LAMPA	100,0%	79,5%	100,0%
Metropolitana	SMAPA	100,0%	99,9%	100,0%
Metropolitana	SERVICIOS SANITARIOS DE LA ESTACIÓN S.A.	100,0%	100,0%	100,0%
Metropolitana	AGUAS SAN PEDRO	100,0%	100,0%	100,0%
Metropolitana	BCC S.A.	100,0%	100,0%	100,0%
Metropolitana	ESSSI	100,0%	96,7%	100,0%
Metropolitana	IZARRA DE LO AGUIRRE	100,0%	100,0%	100,0%
Metropolitana	AGUAS SANTIAGO NORTE	100,0%	100,0%	100,0%
Metropolitana	EL COLORADO	100,0%	100,0%	0,0%
O'Higgins	ESSBIO	100,0%	89,4%	100,0%
Maule	AGUAS NUEVO SUR MAULE	100,0%	97,3%	100,0%
Maule	AGUAS SAN PEDRO	100,0%	99,5%	100,0%
Maule	COOPERATIVA	100,0%	98,4%	100,0%
Maule	COOPERATIVA SAGRADA FAMILIA	100,0%	91,1%	0,0%
Maule	COOPERATIVA SARMIENTO	100,0%	98,9%	100,0%
Ñuble	AGUAS SAN PEDRO	100,0%	100,0%	100,0%
Ñuble	ESSBIO	100,0%	96,2%	100,0%
Bío Bío	AGUAS SAN PEDRO	100,0%	99,5%	100,0%
Bío Bío	ESSBIO	100,0%	95,5%	100,0%
Araucanía	AGUAS ARAUCANÍA	99,9%	96,3%	100,0%
Araucanía	COMITÉ DE AP Y ALC. QUEPE (1) Araucanía ESSSI	100,0%	89,1%	100,0%
De los Ríos	AGUAS DÉCIMA	100,0%	95,3%	100,0%
De los Ríos	ESSAL 100,0%	93,6%	100,0%	
Los Lagos	ESSAL 100,0%	96,6%	100,0%	
Los Lagos	AGUAS SAN PEDRO	100,0%	100,0%	100,0%
Aysén	AGUAS PATAGONIA DE AYSÉN	100,0%	96,7%	100,0%
Magallanes	AGUAS MAGALLANES	100,0%	98,8%	100,0%
Coberturas en áreas de concesión		99,93%	97,17%	99,98%

FUENTE: SISS

Figura 2.30. Sistema de Agua Potable Rural por región

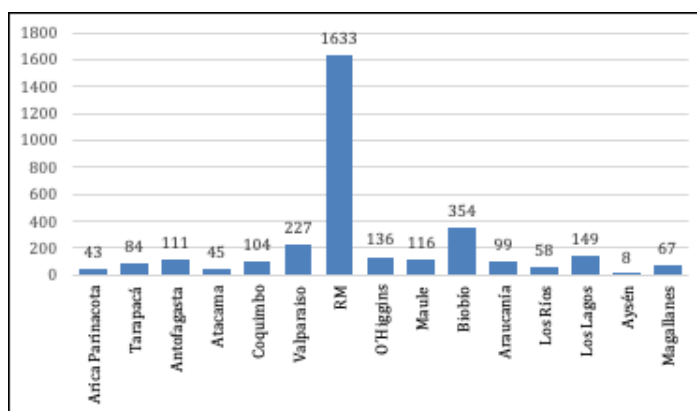


FUENTE: Dirección de Obras Hidráulicas, MOP

2.3.2.2 Residuos Industriales Líquidos

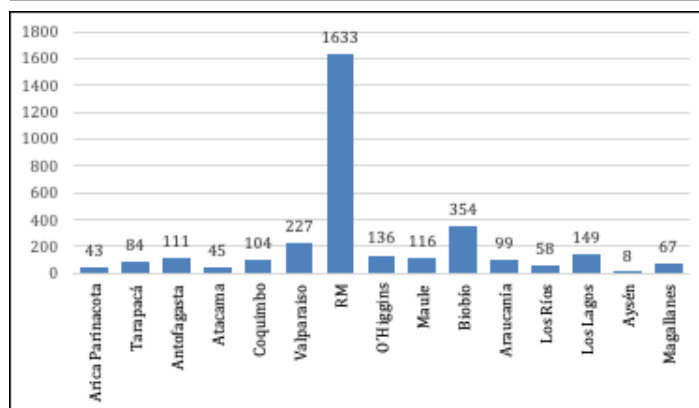
Existen 3.234 establecimientos industriales en el país, la mayor parte de los cuales está localizado en la Región Metropolitana.

Figura 2.31 Establecimientos industriales por Región



FUENTE: SISS

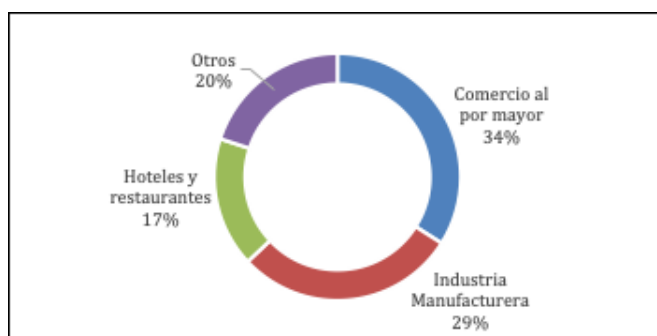
Figura 2.31 Industrias que descargan al alcantarillado (%)



FUENTE: SISS

El 34% de los establecimientos industriales que descargan residuos líquidos corresponden al rubro del comercio al por mayor, el 29% a la industria manufacturera, el 17% a hoteles y restaurantes y el 20% a otras actividades no especificadas.

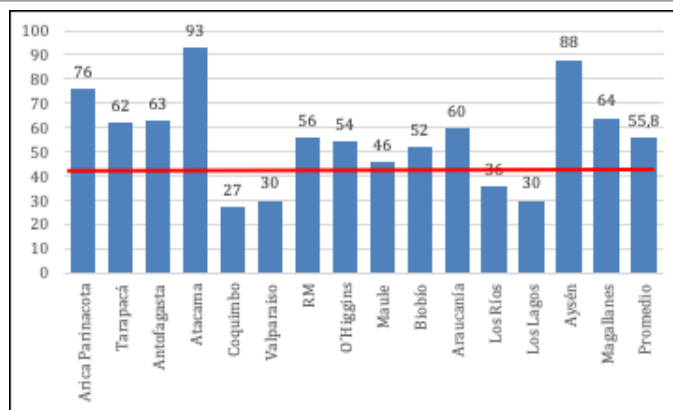
Figura 2.32 Cumplimiento de las normas de RILES por Región. (%)



FUENTE: Elaboración propia en base al Informe de Coberturas Sanitarias 2017, SISS

Aproximadamente el 56% de los establecimientos fiscalizados cumplen la normativa de riles. A nivel de regiones se aprecian diferencias importantes. Mientras que las regiones de Coquimbo y Valparaíso figuran con un cumplimiento de 27 y 30% solamente, la región de Aysén alcanza el 88%. En el año 2015 también aparecía la región de Coquimbo entre las que presentaron incumplimientos de la norma de riles más elevados.

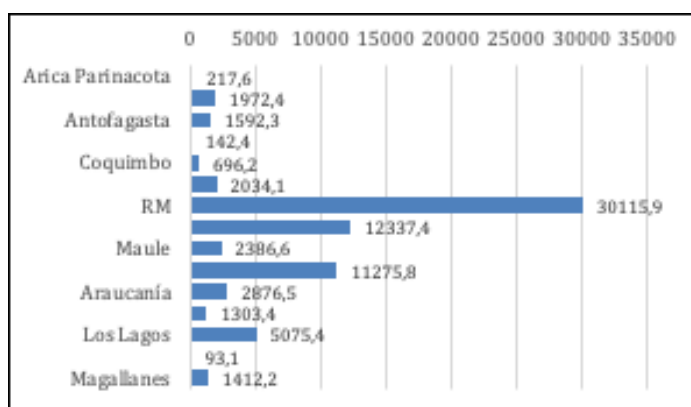
Figura 2.33 Descargas de RILES a alcantarillado y aguas superficiales. (miles de m3).



FUENTE: Elaboración propia en base a antecedentes de la SISS

De acuerdo a los antecedentes disponibles, anualmente se vierten a alcantarillados y aguas superficiales, aproximadamente 73,5 millones de m³ de RILES, correspondiendo a la Región Metropolitana poco menos de la mitad de esa cifra. Le siguen bastante más atrás, las Regiones de O'Higgins y Biobío.

Figura 2.34 Descargas de RILES a alcantarillado y aguas superficiales. (miles de m³).



FUENTE: Elaboración propia en base a antecedentes de la SISS.

2.3.3 Contaminación de agua por fuentes difusas y emergentes

- La contaminación difusa de las aguas es aquel proceso de cambio de la composición natural de un cuerpo/curso de agua, como consecuencia de la recepción de múltiples descargas de aguas residuales resultantes de actividades productivas relacionadas con cultivos, ganadería, silvicultura o deforestación y de la minería. Las descargas se repiten más o menos periódicamente, aunque no siempre desde los mismos sitios y tienden a derramar o percolar desde áreas diversas, actuando de manera discontinua y no periódica.

El aumento de nutrientes en los ecosistemas acuáticos puede producir aumento en la concentración de iones de hidrógeno, dando lugar a la acidificación de los ecosistemas acuáticos, potenciar el desarrollo y la proliferación de los productores primarios, dando lugar a la eutrofización, incluso se puede alcanzar niveles tóxicos que perjudican la capacidad de la biota acuática para sobrevivir, crecer y reproducirse (Camargo y Alonso, 2006). Adicionalmente, la contaminación de nitrógeno inorgánico en aguas subterráneas y superficiales puede provocar efectos adversos en la salud humana y la economía. En este contexto Pizarro et al., (2010) señalan que las cuencas chilenas han sido durante mucho tiempo expuestas a las descargas de nutrientes provenientes de las actividades humanas y los cambios de uso del suelo.

La intensificación de la agricultura para producir más alimentos y materias primas para una población que crece incesantemente, implica el uso masivo de fertilizantes y pesticidas. A ello se suma el aumento de la población animal para la producción de proteínas. Se estima que actualmente la masa de animales supera en peso y volumen a la masa humana.

Las consecuencias de ello, a nivel mundial, las tierras agrícolas del planeta reciben anualmente cerca de 115 millones de toneladas de fertilizantes nitrogenados minerales. Alrededor del 20 por ciento de estos insumos de nitrógeno terminan acumulándose en los suelos y la biomasa, mientras que el 35 por ciento acaba en los océanos. La agricultura es el mayor productor de aguas residuales, por volumen, y el ganado genera muchas más excreciones que los humanos. A medida que se ha intensificado el uso de la tierra, los países han aumentado enormemente el uso de pesticidas sintéticos, fertilizantes y otros insumos (FAO, 2018).

Esta situación no es ajena a Chile, cuya agricultura, ganadería y silvicultura, se han intensificado significativamente en respuesta a las dinámicas demandas externas e internas. (Tapia & Villavicencio, 2007). Se agrega más recientemente la llamada contaminación emergente que corresponde a la originada por el vertido o descarga a las aguas continentales y también a las aguas marinas, de una amplia variedad de antibióticos utilizados en la medicina humana y veterinaria, y en la acuicultura. Este fenómeno constituye probablemente, el factor que más incide en la adquisición de resistencia a los antibióticos de las bacterias que afectan tanto a humanos como animales.

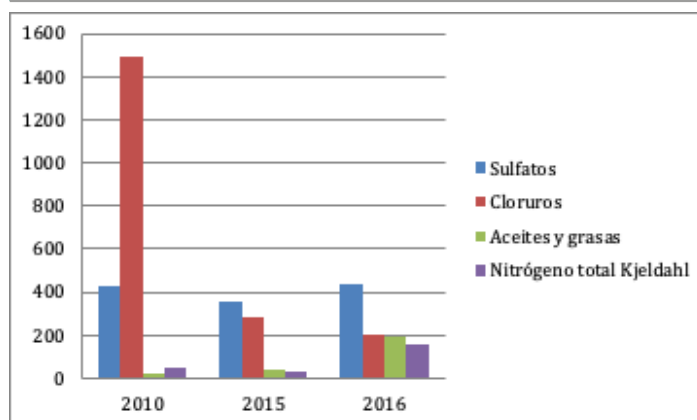
El estudio Transición hídrica: el futuro del agua en Chile⁷ examinó la situación de cinco cuencas a lo largo del país, y señala que “existe un riesgo de contaminación difusa desde los relaves mineros pasivos y abandonados expuestos a condiciones atmosféricas, los que representan en la comuna de Copiapó el 80% del total de relaves existentes” (SERNAGEOMIN, 2016). El índice de calidad de agua

7 Realizado por la Fundación Chile, citado en las referencias

superficial (ICAS) desarrollado para la Radiografía del Agua: Brecha y Riesgo Hídrico en Chile -que incluye el análisis de diferentes parámetros- establece que entre 2011 y 2016, la cuenca mostró tres estaciones con calidad insuficiente en verano y primavera, relacionada al contenido de arsénico en el río Copiapó (Girardi et al., 2018. Para Escenarios Hídricos 2030, 2018). El estudio de la Fundación Chile antes mencionado, destaca también los riesgos de contaminación difusa en los ríos Aconcagua, Maipo y Maule, ya sea por la descarga a los cauces de agroquímicos, aguas servidas y otros contaminantes, así como también de descargas que se han incrementado a consecuencia del cambio del uso del suelo por la rápida intensificación de la producción agropecuaria. A igual conclusión se llega en este trabajo en la sección donde se examinaron los principales elementos contaminantes que superan la norma chilena en las principales cuencas del país.

2.3.4 Contaminación de aguas subterráneas

Figura 2.34 Descarga de emisiones a aguas subterráneas (toneladas)



FUENTE: SISS

La actividad que más descargas realiza a las aguas subterráneas es la Industria agropecuaria y silvicultura, destacándose la Región Metropolitana, la Región de O'Higgins y la Araucanía. Estas tres Regiones responden por más del 96% del total de las descargas de contaminantes a las aguas subterráneas.

A nivel de actividades específicas, la producción, procesamiento y conservación de carne, frutas, legumbres, hortalizas, aceites y grasas, más la elaboración de bebidas y cría de animales, responden por más el 93,3% del total de descargas de contaminantes a aguas subterráneas.

Cuadro 2.22 Emisiones de contaminantes a aguas subterráneas, año 2016 (Ton)

Región	Comercio	Extracción de Minerales	Industria Agropecuaria y Silvicultura	Otras Actividades	Pesca y Acuicultura	Producción de Alimentos	Total
Atacama	—	0,04	—	—	—	—	0,04
Valparaíso	—	—	—	0,39	—	0,39	0,39
Metropolitana	—	—	107,22	35,88	—	63,12	206,21
O'Higgins	—	—	62,21	—	—	—	62,21
Biobío	—	—	—	0,89	—	—	0,89
La Araucanía	—	—	0,23	51,15	—	0,38	51,76
Los Ríos	—	—	—	—	—	0,07	0,07
Los Lagos	0,004	—	—	0,56	0,41	9,45	10,44
Aysén	—	—	—	0,03	—	—	0,03
Total	0,004	0,036	169,654	88,899	0,413	73,023	332,029

FUENTE: Registro de Emisiones y Transferencias de Contaminantes, RETC, Ministerio del Medio Ambiente

Cuadro 2.23 Emisiones de contaminantes a aguas subterráneas año 2016 (Ton)

Región	Cría de animales	Elaboración de bebidas	Elaboración de otros productos alimenticios	Elaboración de productos lácteos	Eliminación de desperdicios y aguas residuales saneamiento y actividades similares	Fabricación de otros productos textiles	Generación, captación y distribución de energía eléctrica	Producción, procesamiento y conservación de carne, frutas, legumbres, hortalizas, aceites y grasas	Otros	TOTAL
Arica y Parinacota	-	-	-	-	-	-	-	4,56	-	4,56
Tarapacá	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Antofagasta	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Atacama	-	-	-	-	-	-	-	349,24	0,02	349,26
Coquimbo	-	-	-	-	-	-	-	2,41	-	2,41
Valparaíso	-	-	-	-	-	-	-	2,27	1,02	3,29
Metropolitana	75,16	166,13	0,08	1,10	0,14	-	-	20,47	-	263,09
O'Higgins	-	-	-	-	-	-	-	61,56	-	61,56
Maule	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Biobío	-	-	-	0,0008	-	-	0,64	-	-	0,64
Araucanía	-	-	-	0,2	-	-	-	-	0,7	0,90
Los Ríos	-	0,43	0,75	-	-	-	-	-	-	1,18
Los Lagos	-	0,01	-	30,03	-	14,85	-	4,34	-	49,23
Aysén	-	-	-	-	-	0,07	-	-	-	0,07
Magallanes	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Total	75,16	166,57	0,83	31,331	0,14	14,92	0,64	444,85	1,74	736,18
%	10,2	22,6	0,1	4,3	0,0	2,0	0,1	60,4	0,2	100,0

FUENTE: Registro de Emisiones y Transferencias de Contaminantes, RETC, Ministerio del Medio Ambiente

2.3.5 Proyecciones de nuevos embalses

Desde el punto de la institucionalidad pública corresponde a la Dirección de Obras Hidráulicas del Ministerio de Obras Públicas elaborar y supervisar los procesos administrativos conducentes al diseño, licitación, construcción y fiscalización de los embalses. La decisión respecto de la priorización de las iniciativas que desarrolla el Ministerio de Obras Públicas corresponde al Consejo de Ministros de la Comisión Nacional de Riego, presidido por el Ministro de Agricultura e integrado por los titulares de Economía, Fomento y Reconstrucción; Hacienda; Obras Públicas y Desarrollo Social. La Secretaría Ejecutiva del Consejo está organizada como un Servicio Público, cuya función principal es ejecutar los acuerdos que el Consejo adopte.

En la sesión del 9 de octubre de 2018 el Consejo priorizó la puesta en marcha de 23 embalses adicionales, ocho de los cuales superan los 100 millones de m³ y 15 medianos (entre 18 y 80 millones de m³ lo que podría aumentar la capacidad de embalsamiento en 2.353 millones de m³, un incremento de 18% respecto de la capacidad actual.

Los 23 embalses priorizados se encuentran en distintos estados de avance; dos de ellos en proceso de ejecución de obras, otro adjudicado mediante un procedimiento de concesión y el resto en etapas que van desde el perfil con diseño terminado y la etapa de análisis final de evaluación social.

Cuadro 2.24 Priorización de Grandes Obras de Regulación y Embalses

Embalse	Región/ Cuenca	Volumen (Hm3)	Sup. Total (ha)	Sup. Total E. (ha) -40%	Inv./ Equival. (MM\$/ha)	Estado Actual
Valle Hermoso	Coquimbo/ Río Pama	20	1.509	600	91	En Ejecución
La Punilla	Biobio/ Ñuble	625	65.000	29.000	11	En Ejecución
Chironta	Arica Parinacota/Lluta	17	2.384	2.004	46	En Ejecución
Las Palmas	Valparaíso/ Petorca	55	2.859	1.144	111	En Concesión
Zapallar	Biobio/ Itata	80	10.000	10.000	24	Diseño/ Desarrollo
La Jaula	Maule/ Teno	160	21.362	21.362	13	Prefactibilidad Terminada
Cautín	Araucanía/ Cautín	142	32.274	32.274	9	Prefactibilidad Terminada
Ampliación Aromos	Valparaíso/Aconcagua	60	1.500	600	67	Perfil
Canelillo	Coquimbo/ Choapa	200	11.000	11.000	17	Factibilidad terminada
Catemu	Valparaíso/Aconcagua	180	26.577	14.614	27	Estudios complementarios
Pocuro	Valparaíso/Aconcagua	100	40.000	21.682	23	Factibilidad en Desarrollo.
Longaví	Maule/ Longaví	279	41.600	23.660	11	Prefactibilidad terminada
Livilcar	Arica Parinacota/ San José	10	Control de crecidas	0	No Aplica	Diseño terminado y re análisis de evaluación social
Ancoa	Maule/ Linares	102	60.000	33.600	3	Perfil
Bollenar	O' Higgins/ Rengo	33	6.070	2.428	32	Factibilidad en desarrollo
La Tranca	Coquimbo/ Río Cogotí	46	3.500	2.535	53	Prefactibilidad terminada
Murallas Viejas	Coquimbo/ Río Combarbalá	56	3.250	2.397	58	Diseño básico terminado
Los Ángeles	Valparaíso/ Los Angeles	30	2.603	1.041	129	Diseño terminado y con estudios complementarios
La Chupalla	Valparaíso/ Alicahue-Ligua	56	2.186	874	146	Prefactibilidad terminada
Lautaro	Atacama/ Copiapó	12	9.000	3.960	6	Perfil
Rapel	Coquimbo/ Limarí	14	1.973	789	121	Factibilidad terminada
El Parrón	Maule/ El Parrón	64	2.130	2.130	60	Factibilidad terminada
Umirpa	Arica Parinacota	18,1	550	465	121	Prefactibilidad terminada

FUENTE: Acta de la Sesión N° 227 del Consejo de Ministros de la Comisión Nacional de Riego del 9 de Octubre de 2018.

2.3.6 Causas antrópicas de cambios en los glaciares.

Diversos estudios de prestigiosas organizaciones y centros de estudios, dan cuenta de los cambios que vienen experimentando los glaciares en todo el mundo y en Chile en particular. El 5to. Informe del IPCC del 2014 llamaba la atención sobre estos fenómenos, hecho también señalado por el PNUMA en un informe del 2010, a la Patagonia como una de cuatro regiones montañosas con la mayor pérdida de masa glacial, donde los glaciares disminuyeron en un promedio de aproximadamente 35 metros entre 1960 y 2003 (PNUMA, 2010)

Entre las principales causas de estos cambios, está el cambio climático y las actividades humanas, en especial la minería.

Cuadro 2.25 Cambios físicos en los glaciares

Sitios documentados masivamente	Latitud	Valor de la tendencia (período de observación de la tendencia)	Referencias
Piloto Las Cuevas	32° S	-10,5 m (menos de 24 años)	Leiva et.al (2007)
Glaciares de las cuencas del Aconcagua	33° S	-20% menos de 24 años	Pelliciotti et. al. (2007) Bown et. al (2008)
		-14% entre 1955 y 2006	
		Disminución significativa del caudal de agua en la cuenca del Aconcagua	
Glaciares de los Andes Centrales	33° S-36° S	Menos del 3% (desde 1955)	Le Quesne et. al (2009)
		-50m a -9m por año (durante el siglo XX)	
		-0.76m a -0.56m por año (durante el siglo XX)	
Andes Centrales		+122 ± 8m (invierno) y +200±m (verano 1975-2001)	Carrasco et. al (2005)
Masas de nieve compactada	30° S-37° S	Tendencia linear positiva no significativa (1951-2005)	Masiokas et. al (2006) Vich et. al (2007) Vicuña et. al. (2013)
		Caudal del río Mendoza: posible vínculo con el aumento de temperatura y los efectos de nieve compactada/glaciares. Incremento y disminución de los caudales posiblemente asociados a los aumentos de temperatura y sus efectos sobre la nieve compactada.	
Glaciares rocosos Morenas Coloradas	32° S-33° S	Cambios significativos en las capas activas, posiblemente asociados a los procesos de aumento de temperatura	Trombotto y Barzotta (2009)
Criósfera en los Andes de Santiago	33° S	expansión de la depresión termokarst	Bodin et. al (2010)

FUENTE: cuadro 27-3 del 5to. Informe del IPCC (2014: Cap.27, pp.1517-1520).

Recuadro 1. Principal causa del deterioro de los glaciares: la actividad minera.

Chile es un país montañoso, donde el 70% de la población se abastece del agua proveniente de las zonas cordilleranas, cuyo respaldo más importante es la nieve y los glaciares que permiten asegurar el agua potable a la población, la mantención de los ecosistemas y la continuidad de las actividades económicas, especialmente la agricultura.

Actualmente los glaciares a nivel planetario están en retroceso a causa del calentamiento global. Adicionalmente a ello, en el caso de Chile, los glaciares están siendo intervenidos directamente por la minería (Berland 2016), mediante construcción de caminos sobre ellos, lo cual genera de polvo que se deposita y acelera su derretimiento, perforaciones y remoción masiva de hielo con maquinaria pesada durante la explotación, sepultando los glaciares bajo botaderos de estériles (Contreras e Illanes, Brenning 2008, Chile Sustentable, 2011; Bodin, 2018). La situación es especialmente crítica, en la zona norte y centro del país.

En las últimas décadas la minería ha intervenido glaciares entre las Regiones de Atacama y Metropolitana, provocado la pérdida de enormes reservas de agua dulce, y contaminado las aguas, afectando el consumo humano, la agricultura, y los ecosistemas. Esta destrucción ha agravado la desertificación, haciendo más vulnerables las ciudades, la agricultura, y los ecosistemas en un contexto de mayor estrechez hídrica debido al cambio climático.

El caso de destrucción de glaciares más conocido es el de Pascua Lama, proyecto de extracción de oro¹ de Barrick Gold, que durante sus exploraciones entre 1981 y 2000 destruyó en forma irreversible el 62% del Glaciar Toro 1, y el 71 % del Glaciar Toro 2 en la cuenca alta del Río Huasco (Golder Associates, 2005a). El permiso ambiental entregado a Barrick en 2005, le permitía extraer oro en explotación subterránea bajo el área de glaciares y también depositar material de descarte sobre el mayor glaciar de roca existente en la cabecera del río El Estrecho, en la cuenca del Huasco (Golder Associates 2005b). Luego de reiteradas sanciones, las operaciones de esta operación minera fueron clausuradas en 2013. Posteriormente, en 2017, la Superintendencia del Medio Ambiente le caducó la Resolución de Calificación Ambiental.

En la región de Coquimbo, Minera Los Pelambres de Antofagasta Minerals, desarrolla desde 2005, actividades mineras en la cuenca superior del río Choapa, generando graves impactos sobre glaciares de roca y los recursos hídricos. En dicha cuenca los científicos identificaron 15 glaciares rocosos entre los 3.500 y 3.900 metros sobre el nivel del mar (en su mayoría glaciares activos), de los cuales 4 desaparecieron casi completamente por el depósito de lastre sobre ellos y otros dos fueron intervenidos por la construcción de caminos (Brenning y Azócar, 2010). Estas actividades de remoción y depósito de materiales no fueron incluidas en los estudios ambientales presentados a la autoridad, aunque se conocía la existencia de esos glaciares desde el año 1998 (Geoestudios, 1998). Las intervenciones de Pelambres entre 2000 y 2006 afectaron reservorios permanentes de agua fosilizada, equivalentes a 2,84 millones de metros cúbicos de agua dulce, pérdida no prevista, ni evaluada en el proceso de evaluación ambiental del proyecto minero (Azócar y Brenning 2008).

En la región de Valparaíso, Codelco Andina, ha impactado glaciares rocosos desde 1980 en la cuenca alta del Río Aconcagua², haciendo desaparecer casi completamente dos glaciares rocosos (identificados por Libouty en 1961), con un área total de 1,32 km². Codelco también ha intervenido 0,78 km² de glaciares rocosos con depósitos de lastre e infraestructura minera (Brenning, 2008). Los glaciares más afectados son el Rinconada y el Río Blanco, cuyas lenguas se encuentran en el rajo de la mina. Los estudios del área muestran que entre 1991 y 2000, Codelco removió entre 1 y 8 millones de toneladas de hielo al año (Morales, 2001) y estiman que la empresa continuaría destruyendo glaciares en niveles semejantes en el futuro, además de depositar millones de toneladas de estériles sobre los glaciares del área de explotación de la Mina Sur-Sur.

Se estima que entre 1990 y 2008, Codelco destruyó 2,1 km² de glaciares en la cuenca alta del río Aconcagua, lo que equivale a la pérdida de entre 15 y 25 mi-

1 Proyecto Minero Pascua Lama, de empresa canadiense Barrick Gold.

2 Codelco, inicio la explotación minera de gran escala en la cuenca alta del río Aconcagua, subcuenca del Río Blanco, en los años 1980, a rajo abierto y subterránea, aumentando su producción de cobre a 218 t al año 2007 (Codelco, 2008)

liones de m³ de reservas de agua dulce en dicha cuenca (Brenning, 2008), reduciendo la magnitud de la recarga glaciar y la seguridad hídrica del Aconcagua y de la región de Valparaíso.

En 2010 Codelco ingresó al SEIA el "Proyecto expansión Andina 244" informando la afectación de 100 hectáreas de glaciares³ (Oficio N° 111747 - 2010 MMA) lo cual era inaceptable, pues reducía importantes reservas de agua en la cuenca del río Aconcagua, agravaba los conflictos con los regantes y la vulnerabilidad hídrica de la región de Valparaíso frente a las sequías y al cambio climático. Por esta razón, el proyecto fue retirado del SEIA, reingresado en 2013 y retirado nuevamente debido al rechazo ciudadano, pues la autoridad observó que la expansión intervendría 20 glaciares, afectando 560.900 m² por excavación y 1.015.400 m² por sepultación bajo estériles, proyectando una pérdida de hielo equivalente a una reserva de 12.599.000 m³ de agua dulce (SEA, 2015). Pese al reingreso a evaluación en 2017, la empresa aun no obtiene el permiso ambiental, aunque actores locales aseguran que la expansión ya fue iniciada.

En la Región Metropolitana, Anglo American explota la Mina Los Bronces en la cuenca alta de los ríos Mapocho y Olivares, este último afluente del río Maipo, que abastece el agua potable de Santiago y que riega de 120 mil hectáreas en el valle del Maipo (Chile Sustentable, 2010). Entre 1988 y 2005, Anglo American destruyó casi un 1 kilómetro cuadrado de glaciares en la cuenca alta del río San Francisco, que alimenta el Mapocho, provocando la pérdida de 9 millones de metros cúbicos de reservas de agua dulce (Azocar y Brenning, 2008). El impacto de Anglo sobre los glaciares rocosos está documentado, especialmente sobre el glaciar Infernillo (Contreras e Illanes, 1992; Valenzuela, 2004; Brenning, 2008), el cual ha acelerado el avance natural del glaciar a causa de los 14 millones de toneladas de escombros depositadas por la minera en su superficie (Brenning, 2010).

región de Valparaíso frente a las sequías y al cambio climático. Por esta razón, el proyecto fue retirado del SEIA, reingresado en 2013 y retirado nuevamente debido al rechazo ciudadano, pues la autoridad observó que la expansión intervendría 20 glaciares, afectando 560.900 m² por excavación y 1.015.400 m² por sepultación bajo estériles, proyectando una pérdida de hielo equivalente a una reserva de 12.599.000 m³ de agua dulce (SEA, 2015). Pese al reingreso a evaluación en 2017, la empresa aun no obtiene el permiso ambiental, aunque actores locales aseguran que la expansión ya fue iniciada.

En la Región Metropolitana, Anglo American explota la Mina Los Bronces en la cuenca alta de los ríos Mapocho y Olivares, este último afluente del río Maipo, que abastece el agua potable de Santiago y que riega de 120 mil hectáreas en el valle del Maipo (Chile Sustentable, 2010). Entre 1988 y 2005, Anglo American destruyó casi un 1 kilómetro cuadrado de glaciares en la cuenca alta del río San Francisco, que alimenta el Mapocho, provocando la pérdida de 9 millones de metros cúbicos de reservas de agua dulce (Azocar y Brenning, 2008). El impacto de Anglo sobre los glaciares rocosos está documentado, especialmente sobre el glaciar Infernillo (Contreras e Illanes, 1992; Valenzuela, 2004; Brenning, 2008), el cual ha acelerado el avance natural del glaciar a causa de los 14 millones de toneladas de escombros depositadas por la minera en su superficie⁴ (Brenning, 2010).

En las cuencas de los ríos San Francisco, Dolores y El Plomo existen 37 glaciares de roca (Geoestudios, 2006), los que cubren una superficie de 5 km² en las tres cuencas. Pero el crecimiento del rajo de la mina ha ocupado 0,2 km². Ello, junto a la excavación del glaciar de roca para el rajo, ha reducido el agua que la cuenca del río San Francisco aporta al río Mapocho. En 2011 Anglo American continuó la expansión de Los Bronces construyendo (sin Estudio de Impacto Ambiental), un megatúnel de 9 kilómetros de largo y 4,5 metros de diámetro bajo el glaciar La Paloma, en la comuna de Barnechea, hasta el glaciar Olivares en San José de Maipo. La obra denunciada por organizaciones ciudadanas, el Municipio de Barnechea y parlamentarios (La Segunda, dic. 2011), nunca fue evaluada ambientalmente. En agosto de 2019, Anglo American presentó al SEIA una nueva expansión de Los Bronces, esta vez con explotación subterránea; ante ello y en ausencia de una ley de protección de glaciares, la ciudadanía inició nuevamente el trabajo de prevenir la destrucción de glaciares a través del único y limitado camino de observaciones al estudio de impacto ambiental.

Sara Larraín, Programa Chile Sustentable

3 Fuente: Oficio N° 111747 Solicitud de Evaluación del EIA "Proyecto expansión Andina 244".

4 Su desplazamiento normal era de entre 0.3 y 1.2 cm año; actualmente se desliza unos 20 cm por día.

2.3.6.1 Cambio climático

En los últimos años, tal como se señaló en la sección correspondiente a la pluviometría, se ha registrado en casi todo el país, excepto en el extremo norte, una reducción importante de las precipitaciones a lo cual se suma el aumento de temperaturas y la subida de la Isoterma 0°C entre 300 y 500 metros, lo que puede tener como consecuencia, la reducción de los depósitos de nieve en la cordillera y que las precipitaciones invernales escurran rápidamente hacia el mar.

Esta elevación de la Isoterma 0°C, representa de acuerdo a estimaciones recientes, una pérdida de 400 a 500 millones de metros cúbicos de agua que precipitará en forma líquida, no como nieve escurriendo hacia el mar. La consecuencia de ello es que estos recursos no estarán disponible para la temporada de primavera – verano que es cuando más se incrementa la demanda de agua para riego. Adicionalmente y tal como ya ha empezado a ocurrir, pueden aumentar las crecidas y aluviones poniendo en riesgo parte importante de la población.

Adicionalmente el aumento de las temperaturas se reflejará también un aumento de la evapotranspiración, reduciendo para algunos cultivos, la disponibilidad de agua para riego.

Los modelos de circulación general utilizados para hacer proyecciones dentro de escenarios posibles, apuntan a que en las próximas décadas puede reducirse el número de días de lluvias, precipitando con mayor intensidad, lo cual afectaría en especial las regiones entre Valparaíso y Biobío.

Lo anterior tendrá también efectos sobre la recarga de las napas, lo que un cuadro de una sequía prolongada, afectará aún más las disponibilidades de agua. La disminución del número de días de lluvia, junto al aumento de su intensidad y al aumento de las tasas de evaporación, puede aumentar la presión hacia la erosión de los suelos, con los consecuentes riesgos de sedimentación de los lechos y cuerpos de agua. Esta combinación es igualmente negativa para la agricultura de secano y para el crecimiento de las praderas.

El alza cercana a 1°C que han experimentado las máximas en zonas interiores, tendría consecuencias sobre el número de días con temperaturas extremadamente altas (mayores a 33°C). La evapotranspiración ha ido igualmente al alza, aumentando los requerimientos de riego, especialmente en las especies pluri anuales. Se espera que las demandas de agua incrementen en 5 a 8% por cada grado de aumento en la temperatura, lo que en una temporada podría significar una demanda adicional de agua de hasta 800 m³ por hectárea.

Recuadro 2. Lo que traería el cambio climático en la zona central de Chile

Según las tendencias observadas y los pronósticos que hacen los modelos mundiales del clima, los climas del futuro debieran variar según las tendencias siguientes:

- Disminución de la precipitación en zonas costeras mayormente.
- Disminución del número de días de lluvia.
- Aumento de la energía de la precipitación.
- Aumento del contenido de vapor del aire
- Aceleración de la escorrenría por disminución de la precipitación sólida.
- Aumento de la evapotranspiración y requerimientos de riego.
- Posible disminución en la recarga de las napas.
- Mayor arrastre de sedimentos.
- Temperaturas máximas más altas en zonas interiores y más bajas en sectores costeros.
- Disminución del frío invernal.
- Aumento del estrés térmico de las plantas.
- Aumento del viento.
- Aumento de la nubosidad, especialmente en un corredor de 60 km desde la costa

FUENTE: Fernando Santibáñez. El cambio climático y los recursos hídricos de Chile

2.4 GESTIÓN AMBIENTAL DE LAS AGUAS CONTINENTALES

2.4.1 Organizaciones de usuarios del agua

Son entidades de carácter privado que, sin embargo, cumplen funciones públicas; sus integrantes tienen un amplio margen de autonomía de voluntad para adoptar en sus estatutos los acuerdos que estimen convenientes, atendido el interés y rol público de ellas. Sus objetivos son distribuir las aguas de acuerdo a los DAA de sus usuarios, construir, mantener, mejorar y administrar los sistemas de distribución y resolver los conflictos que se pueden generar.

Juntas de vigilancia (JdV): Tienen por objetivo administrar y distribuir las aguas a que tienen derecho sus miembros en las fuentes naturales, explotar y conservar las obras de aprovechamiento común y realizar los demás fines que le encomiende la ley. Podrán también construir nuevas obras relacionadas con su objetivo o mejorar las existentes.

Asociaciones de Canalistas (ASCAN) y Comunidades de Aguas (COMAG): Son organismos cuyo objetivo es repartir la parte de las aguas que le corresponde de una determinada fuente artificial, ya sea canal, acueducto, pozo, u otro, así como conservar y mejorar la infraestructura que administran.

Comunidades de Obras de Drenaje (COD): Organismo formado por usuarios que aprovechan obras de drenaje o desagüe en beneficio común.

Cuadro 2.26 Organizaciones de Usuarios (OU) en agosto 2018

Tipo de OU	Aprobadas en RPOU	Organizaciones de Usuarios de Hecho (OU)				Total de OU en bases de datos
		Pendientes o denegadas en RPOU*	Identificadas en Catastros de Usuarios	Identificadas en Consulta 2016	Total de OU de hecho	
JV	48	27	4	2	33	82**
AC	208	98	17	5	120	328
CA	3260	426	n.i.	64	490	3750
CAS	15	7	0	0	7	22
Total	3531	558	22***		651	4182

FUENTE: Diagnóstico Nacional de Organizaciones de Usuarios, Dirección General de Aguas, Agosto 2018

n.i.: No identificadas

* RPOU, Registro Público de Organizaciones de Usuarios

Incluye JV del río Petorca, sección El Monte y La Vega

***No fue posible determinar el total debido a la gran cantidad de canales identificados en los catastros de usuarios que podrían conformar Organizaciones de Usuarios de hecho o supuestas

En, el total de organizaciones registradas en la base de datos, independiente de su estado en el Registro Público de Organizaciones de Usuarios, son 4182, distribuidas en 3750 Comunidades de Aguas (CA), 328 Asociaciones de Canalistas (AC), 22 Comunidades de Aguas Subterráneas (CAS) y 82 Juntas de Vigilancia (JV). De este total, 3531 se encuentran aprobadas según el Registro Público de Organizaciones de Usuarios (RPOU), 48 JV, 15 CAS, 208 AC, 3.260 CA y 15 CAS) y 651 son de hecho (33 JV, 120 AC, 490 CA y 7 CAS).

2.4.2 Caudales ecológicos

Hacia 1999 la Dirección General de Aguas (DGA) reconocía al caudal ecológico como la cantidad de agua mínima que se requiere conservar para asegurar la supervivencia de los diversos componentes y funciones de los ecosistemas acuáticos. Actualmente, el caudal ecológico corresponde al caudal mínimo que debería tener el río para mantener los ecosistemas presentes, preservando la calidad ecológica (DGA, 2008). Lo anterior, considerando que a partir del año 2005, de acuerdo a lo establecido en el artículo 129 bis 1 del Código de Aguas, entre las funciones de la DGA al asignar los nuevos DDA deberá además velar por la preservación de la naturaleza y la protección del medio ambiente.

La incorporación del concepto de caudal ecológico o caudales ambientales en la definición de políticas y normas regulatorias en materia de aguas es una materia que genera controversias entre los distintos agentes que compiten por el uso del recurso. Aunque este concepto se ha estado incorporando en Estados Unidos y Europa desde la segunda mitad del siglo XX, como la respuesta, desde la óptica ambiental, al rápido proceso de desarrollo de infraestructura hídrica, fundamentalmente de construcción de represas, y a los impactos ocasionados por este tipo de obras sobre los ecosistemas, en Latinoamérica, el empleo del concepto solo ha empezado a incorporarse en la literatura científica regional y en la gestión de los recursos hídricos durante los últimos 25 años

La mayor inversión en infraestructura hídrica que a su vez modifica los cursos naturales de las fuentes de agua y altera los ecosistemas ha hecho que en muchos países del mundo se ha comenzado a abordar el tema del aprovechamiento de los recursos hídricos de una manera integrada mediante la realización de estudios interdisciplinarios en la cuenca hidrográfica, a fin de garantizar la sostenibilidad de los recursos naturales y de los bienes y servicios que ellos proveen a la población.

En junio del año 2018 el Banco Interamericano de Desarrollo elaboró un estudio para analizar el grado de incorporación que el concepto de régimen de caudales ambientales tiene en la definición de políticas hídricas en la región. Entre algunos objetivos específicos del estudio del BID se destacan aquellos relacionados con la identificación de los problemas más comunes que conducen a la necesidad de establecer caudales ambientales y las metodologías que puedan utilizarse para ello. Entre los casos de estudio el BID seleccionó para Chile el Río Huasco en la Región de Atacama. Una de las razones que motivó la realización de este estudio de caso fue a partir de la constatación que las principales causas de la declinación de las especies dulceacuícolas y el deterioro de los ecosistemas asociados están relacionadas con las alteraciones físicas, la pérdida y degradación de los hábitats, la remoción de agua, la sobreexplotación, la contaminación y la introducción de especies exóticas, a las que deben sumarse las eventuales consecuencias del cambio climático.

Prácticamente en todo su recorrido el río Huasco y sus afluentes se encuentran intervenidos por la presencia de alrededor de 300 bocatomas y canales que son usados para la extracción y transporte del agua principalmente para el riego. Aguas abajo de la confluencia de los ríos El Carmen y El Tránsito, el valle del río Huasco está ocupado por el embalse de Santa Juana, que represa las aguas sobre un tramo de aproximadamente 10 km, con un volumen máximo de 160 millones de metros cúbicos. Esta represa devuelve las aguas a través de un conducto forzado que corta artificialmente el río y la cuenca en dos entidades distintas y casi independientes a nivel biológico, lo que representa un obstáculo infranqueable para los organismos acuáticos que allí viven.

El estudio se utilizó una metodología de simulación física del hábitat que resultó del acople de un modelo biológico que estableció la relación que existe entre los hábitats físicos y la distribución de las especies nativas más comunes de la cuenca: el pejerrey y el camarón de río. Los resultados permitieron identificar los caudales mínimos en época de estiaje que dan respuesta a los requerimientos de las especies en estudio. Asimismo, se observó la importancia de que aún con caudales reducidos el régimen anual del río muestre variaciones que se asemejen a las condiciones naturales. Dada la importancia que para el ciclo biológico de las especies tienen las variaciones de caudal en el río, se incluyen crecidas estacionales y períodos de estrés hídrico.

En síntesis, la integración de un modelado biológico con la aplicación de un modelo hidráulico resulta un ejercicio de simulación de hábitat, que responde a la concepción de caudal ecológico, concebido como el caudal que asegura un comportamiento ecológico óptimo en relación a los objetivos biológicos que se plantean en un proyecto. Ello, si bien es una parte importante del problema, no abarca la totalidad del mismo. En efecto, a ello deben sumarse las aspiraciones sociales, traducidas en los usos y beneficios que un río brinda a la sociedad, como por ejemplo el abastecimiento por servicios básicos, industriales, agrícolas, energéticos, turísticos, culturales, etc. Este enfoque holístico conceptualizado por algunos autores como caudal ambiental debe constituirse en el objetivo deseado y en el único modo de superar el “dilema ambiental”²⁸ entre agua para la naturaleza y agua para la sociedad. Dilema cuya solución demanda una concertación entre actores apoyada por el conocimiento científico de los procesos físicos, químicos y biológicos involucrados. El hecho de que este caso de estudio fuera parte del proyecto institucional “Modelo para la Gestión Hídrica Sustentable del Huasco: Caudal Ambiental y Valorización de Servicios” es un paso adelante en el proceso de integración de actores que se persigue.

2.4.3 Acciones para el control de la contaminación

2.7.3.1 Control de residuos industriales y silvoagropecuarios

A más de los instrumentos y acuerdos ya conocidos (Acuerdos de Producción Limpia, Certificaciones de la Industria Forestal y acuerdos voluntarios), el Estado de Chile implementó en 1987 el Programa de Control de Residuos (PCR) el que es ejecutado por el Servicio Agrícola y Ganadero (SAG).

Este Programa fue diseñado para dar cumplimiento a las exigencias de exportación y para contar con información anual sobre la presencia de residuos en poblaciones animales. Ello con el fin de evaluar las tendencias e identificar posibles riesgos en la industria pecuaria para definir y aplicar medidas correctivas pertinentes.

El Programa se inició en carne ovina y liebres, y en los años siguientes se extendió a carne de aves (pollos y pavos), cerdos, bovinos y miel. En el año 2005 se incorporaron los lácteos.

Actualmente el Programa está orientado a la búsqueda de tres grandes grupos de sustancias:

- Sustancias prohibidas o con efecto anabolizante (estilbenos, antitiroideos, esteroides, derivados del ácido resorcilínico, B-adrenérgicos, cloranfenicol, nitrofuranos, nitroimidazoles)
- Sustancias terapéuticas (antimicrobianas, antihelmínticos, anticoccidiales, piretroides, carbamatos, tranquilizantes, antiinflamatorios)
- Contaminantes (pesticidas, metales pesados, micotoxinas, dioxinas)

2.4.3.2 Instrumentos de gestión de la ley 19.300

La Ley N° 19.300, en su título segundo establece 9 distintos instrumentos de gestión ambiental, entre los cuales se destaca a las “Normas de Emisión, las Normas de Calidad Ambiental y de la Preservación de la Naturaleza y Conservación del Patrimonio Ambiental, y los Planes de Manejo, Prevención o Descontaminación” a través de los cuales se puede proteger directamente la calidad de las aguas y los ecosistemas acuáticos.

Las Normas de Emisión son las que establecen la cantidad máxima permitida para un contaminante medida en el efluente de la fuente emisora, mientras que las Normas Secundarias de Calidad Ambiental son aquellas que establecen los valores de las concentraciones y períodos, máximos o mínimos permisibles de sustancias, elementos, energía o combinación de ellos, cuya presencia o carencia en el ambiente pueda constituir un riesgo para la protección o la conservación del medio ambiente, o la preservación de la naturaleza, normando la calidad de los componentes ambientales (agua, sedimento, suelo).

Los Planes de Prevención y/o de Descontaminación (PPDA) son aquellos que tienen por objetivo establecer las medidas, metas y plazos necesarios para cumplir con los objetivos propuestos en las normas de calidad ambiental.

En Chile actualmente existen 4 normas de emisión, 2 normas de calidad primaria y 6 normas de calidad secundarias y un Plan vinculados a los recursos hídricos.

Cuadro 2.27 Normas de emisión

Nombre	Fecha Inicio del proceso	Estado Actual del Proceso	Gestiones Pendientes
Revisión Norma de emisión para la regulación de contaminantes asociados a las descargas de residuos industriales líquidos a sistemas de alcantarillado	17-jul-2014	Elaboración Proyecto Definitivo	
Revisión Norma de emisión de residuos líquidos a aguas subterráneas	29-ene-2018	Elaboración de Anteproyecto	
Revisión Norma de emisión para la regulación de contaminantes asociados a las descargas de residuos líquidos a aguas marinas y continentales superficiales	18-dic-2006	Tramitación Final	Revisión Consejo de Ministros
FUENTE: Ministerio del Medio Ambiente			

Cuadro 2.28 Normas secundarias de calidad

	Fecha Inicio del proceso	Estado Actual del Proceso	Gestiones Pendientes
Normas Secundarias de Calidad Ambiental para la Protección de las Aguas Continentales Superficiales de la Cuenca del Río Rapel	31-jul-2014	Tramitación Final	Revisión Consejo de Ministros
Normas Secundarias de Calidad Ambiental para la protección de las aguas continentales superficiales de la cuenca del río Elqui	19-dic-2016	Elaboración de Anteproyecto	Participación Ciudadana, elaboración Proyecto definitivo
Normas secundarias de calidad ambiental para la protección de las aguas de la cuenca del río Huasco	22-jun-2016	Elaboración de Anteproyecto	PAC, Consulta Indígena, elaboración del Proyecto definitivo y Presentación al CMS
Normas secundarias de calidad ambiental para la protección de las aguas de la cuenca del río Mataquito	1-oct-2016	Elaboración de Anteproyecto	
Normas secundarias de calidad ambiental para la protección de las aguas continentales superficiales de la cuenca del río Valdivia			
Normas Secundarias de Calidad Ambiental para la Protección de las Aguas Continentales Superficiales de la Cuenca del Río Aconcagua	2-oct-2015	Elaboración Proyecto Definitivo	
Revisión de las normas primarias de calidad de aire para monóxido de carbono (CO), ozono (O3) y dióxido de nitrógeno (NO2)	29-dic-2014	Elaboración de Anteproyecto	Elaboración de anteproyecto.
Revisión Norma de Calidad Primaria de MP10, DS N°59 de 1998	9-ene-2018	Elaboración Proyecto Definitivo	
FUENTE: Ministerio del Medio Ambiente			

Cuadro 2.29 Planes de descontaminación

Nombre	Fecha Inicio del proceso	Estado Actual del Proceso	Gestiones Pendientes
Plan de Descontaminación por Clorofila A, Fósforo Disuelto y Transparencia de la cuenca del Lago Villarrica.	16-nov-2018	Elaboración de Anteproyecto	Conformación Comité Operativo mediante Resolución Programar 1ª reunión Comité Operativo
FUENTE: Ministerio del Medio Ambiente			

2.4.4 Gestión de recursos hídricos: instituciones e instrumentos

De acuerdo a un estudio publicado en 2013 por el Banco Mundial, al analizar la forma en que operan y se organizan las instituciones públicas y privadas vinculadas con la gestión de los recursos hídricos en Chile se observa la existencia de un conjunto de deficiencias entre las cuales se pueden mencionar las siguientes: i) la información generada por las instituciones involucradas en la gestión del agua no está consolidada ni integrada en una base de datos común. ii) no se observa una adecuada delimitación y coordinación de fun-

ciones entre los organismos que intervienen en la gestión de las aguas; c) no existe una autoridad política superior que coordine las funciones e instituciones del Estado en relación con el agua; d) falta de coordinación de los actores responsables de la gestión del agua a nivel local, en una misma unidad geográfica.

Específicamente, en relación con las dificultades que observa el Banco Mundial para lograr una adecuada coordinación entre todos los agentes que intervienen en la gestión de los recursos hídricos, el estudio identificó, en primer lugar, 102 funciones necesarias para la gestión del agua, las que son realizadas por 43 actores institucionales en la forma de instituciones, unidades de gestión o grupos de usuarios o de interés involucrados en la gestión de los recursos hídricos en Chile.

Cuadro 2.30 Instituciones involucradas en el desempeño de 11 funciones

FUNCIONES	Número de Instituciones involucradas
1. Operación del sistema de información comunicación ciencia y tecnología del agua	21
2. Formulación y seguimiento de políticas y planes hídricos	15
3. Administración de DAA y sus mercados	16
4. Prevención y atención de emergencias	14
5. Diseño, construcción, operación y mantenimiento de infraestructura hidráulica	8
6. Obras y mejoramiento en cauces naturales y explotación de áridos	3
7. Coordinación inter sectorial y objetivos sociales ambientales para la GRH	20
8. Instrumentos participativos para la GRH	11
9. Instrumentos económicos para la GRH	6
10. Fiscalización y control	24
11. Acciones judiciales	4

FUENTE: Estudio para el mejoramiento del marco institucional para la gestión del agua, Documento del Banco Mundial, Junio 2013

En este amplio espectro de funciones e instituciones aparece como núcleo central la Dirección General de Aguas, servicio dependiente del Ministerio de Obras Públicas, que constituye la principal autoridad pública en materia de agua. Con el propósito de visualizar mejor lo que cada uno de los 43 actores identificados realiza respecto de las 102 funciones, estas fueron agrupadas en 11 macro funciones y así se logró identificar con mayor detalle la dispersión de la estructura institucional sobre la cual se desarrolla la gestión del agua en Chile y las dificultades que se derivan de esta dispersión. Esta situación se describe en la Cuadro N°XX la que para el Banco Mundial, puede conducir a generar superposiciones, duplicidades y también vacíos de funciones.

A partir de este estudio, durante la segunda administración de la Presidenta Michelle Bachelet, se designó un Delegado Presidencial para los Recursos Hídricos que tuvo como una de sus tareas el proponer una institucionalidad que pudiera resolver esta dispersión y de esta manera facilitar la coordinación de los distintos servicios públicos encargados de la gestión del agua.

En Julio de 2015 la Delegación Presidencial para los Recursos Hídricos emitió un informe donde se analizan distintas alternativas que pudieran resolver la excesiva dispersión de funciones relativas a la gestión del agua en Chile y al gran número de organismos e instituciones que intervienen en ello. Entre las opciones propuestas se destacan las siguientes:

- Fortalecer un Ministerio existente como la institución rectora en materia de agua, por ejemplo, transformar al Ministerio de Obras Públicas (MOP) en el Ministerio líder a través del fortalecimiento de la Dirección General de Aguas, o bien, incorporando una Subsecretaría de Aguas o Recursos Hídricos. Esta opción implica necesariamente dotar a la institución que se elija, en este caso el MOP, de la autoridad y capacidad para coordinar las diversas instituciones repartidas en varios otros ministerios. Esta alternativa tiene el riesgo de sesgar la Política Nacional para los Recursos Hídricos hacia un tema principalmente de infraestructura.
- Crear una instancia de coordinación análoga a la que fue en su momento la Comisión de Medio Ambiente, precursora del Ministerio del mismo nombre. Esta nueva institución podría depender de un Ministerio no sectorial, por ejemplo, el Ministerio Secretaría General de la Presidencia o el Ministerio del Interior, y tendría un consejo dotado de la suficiente autoridad conformado por los Ministros de los otros Ministerios con competencia directa en materia de Aguas (Agricultura, Energía, Obras Públicas, Medio Ambiente, etc.). De este modo, se podría evitar el peligro del sesgo sectorial. La dependencia del Ministerio del Interior tiene la ventaja de establecer un mayor nivel de coordinación con los Gobiernos Regionales, dado que la línea jerárquica de estas instituciones se inicia, precisamente, desde el Ministerio del Interior. Un ejemplo similar es la trayectoria observada en la implementación del actual Ministerio de Energía, cuyo origen fue un Consejo de Ministros, con un presidente con rango de Ministro.

- . Crear una Agencia de Aguas, tal como se ha hecho en varios otros países, Brasil por ejemplo, la que podría depender de algún un Ministerio, pero con un Consejo Directivo Multi Ministerial. En el caso de Brasil, la Agencia del Agua está adscrita al Ministerio del Ambiente pero tiene un consejo Directivo Multi Ministerial. En el caso del Perú, la Autoridad Nacional del Agua, está adscrita al Ministerio de Agricultura, Ganadería y Riego y cuenta también con un consejo directivo que integra a otros ministerios con competencias sobre los recursos hídricos.
- d. Aun cuando se ha planteado por parte de algunos parlamentarios la alternativa de crear un Ministerio de los Recursos Hídricos, no existen las condiciones políticas que pudieran justificar su creación. La experiencia internacional también señala que donde se ha intentado implementar esta iniciativa no ha logrado materializarse. En consecuencia, no existe precedente internacional de la existencia de un Ministerio especializado en esta materia. Cualquiera fuera la forma institucional elegida, el informe señala que ésta debe tener expresión a nivel de las cuencas, replicando algunas experiencia internacionales. La experiencia comparada demuestra que, en aquellos países donde se han constituido Consejos de Cuencas, se observa que sus funciones y atribuciones no difieren sustancialmente entre los distintos países. La mayor dificultad que se observa en Chile para constituir Consejos de Cuencas reside en el gran número y la heterogeneidad de cuencas que existen en el país y que la DGA estima en 102, una cifra significativamente mayor a la observada en aquellos países donde ha sido posible implementar políticas de gestión integrada de recursos hídricos a nivel de cuenca.

2.5 COMPROMISOS INTERNACIONALES Y RECOMENDACIONES SOBRE CAMBIO CLIMÁTICO

Las últimas dos décadas han estado marcadas de acuerdos internacionales en materia relacionada al cambio climático y acuerdos comerciales. Estos compromisos, como por ejemplo la incorporación de Chile a la OECD, han tenido una serie de impactos en las regulaciones y perspectiva de desarrollo respecto al estado y respuesta de las aguas continentales. Ejemplo de lo anterior son los lineamientos del Plan de Adaptación al Cambio Climático del Sector Silvoagropecuario⁸, entre los cuales se incluye el fortalecimiento de la planificación y gestión de recursos hídricos a nivel nacional para optimizar el uso del agua en la agricultura; el establecimiento de un programa nacional para fomentar la gestión eficiente y sustentable del agua en la agricultura de riego y el apoyo a la investigación y fomento a la innovación en gestión de recursos hídricos en el sector silvoagropecuario. Los compromisos también incluyen acciones de monitoreo y continuar trabajando en acciones de control de efluentes, domiciliarios, industriales, contaminación difusa por actividades silvoagropecuarias, con un enfoque de manejo integrado que propenda a la protección de los ecosistemas acuáticos y provisión de servicios ecosistémicos (CEPAL / OECD 2016)

En particular, las convenciones y tratados internacionales, aunque no vinculantes, han derivado en una serie de compromisos asumidos por la nación y tratados en materia de gestión política. Entre de los compromisos que destacan por su relación con el estado de las aguas continentales, es la restauración de medio millón de hectáreas de ecosistemas degradados en Chile, recogido como un importante desafío de la Política Forestal 2015-2035 (MINAGRI 2015), restaurar el patrimonio forestal para bajo criterios de protección y conservación, utilizando preferentemente especies nativas, en áreas donde existen consecuencia negativas sobre el suelo, el agua y la biodiversidad. Esta política incluye metas, plazos y objetivos de resultado, como por ejemplo el manejo sustentable de cuencas críticas con el propósito de mantener o incrementar el abastecimiento de agua, acorde a los requerimientos de la población.

2.6 MAPA INSTITUCIONAL

El problema institucional presente en 1999 no se ha solucionado; al contrario, se ha ido agudizando. En 2015 existían en Chile 43 organismos vinculados a la gestión del agua, los cuales dada su naturaleza y jerarquía deben realizar un total de 102 funciones vinculadas a la gestión del agua en Chile (Banco Mundial, 2013). Este complejo marco institucional se traduce en duplicidades en la ejecución de funciones, vacíos por omisión y problemas de coordinación entre los diferentes organismos. Por otra parte, los problemas anteriores se ven agravados por la baja jerarquía de la DGA para coordinar los distintos actores involucrados y su bajo nivel de financiamiento para cumplir correctamente las funciones que tiene asignadas (Banco Mundial, 2013).

Entre sus conclusiones, el Banco Mundial 2013 señala la necesidad de modificar la institucionalidad vigente, y considerando el contexto de Chile y la envergadura de los cambios necesarios, propone -entre otros- la creación de una Subsecretaría de Recursos Hídricos, la cual sería un primer paso para mejorar la coordinación intra- e inter-institucional. Sin embargo, pese al consenso existente en diversos sectores sobre la necesidad de realizar una modificación a la gestión del agua en el país, la propuesta de reforma institucional aún no se ha concretado, tal vez porque como país aún no se le ha asignado el valor económico y ambiental que le corresponde al agua.

2.7 LA CARRETERA HÍDRICA

Como una forma de resolver la crisis derivada de la creciente escasez de recursos hídricos en algunas zonas del país y su relativa abundancia en otras, se conoce desde hace varios años la existencia de al menos tres proyectos que intentan extraer agua desde algunas cuencas del sur de Chile y trasladarlas mediante tuberías hacia la zona centro norte del país. Este tipo de proyectos, que se han popularizado como de “carretera hídrica”, buscan aumentar la superficie regada lo que en principio cuenta con un fuerte respaldo de los sectores agrícolas, aunque también uno de ellos ha planteado la posibilidad de proveer de agua a la minería en el extremo norte del país.

La experiencia internacional muestra ejemplos relevantes de trasvases intercuenas. En Europa destacan: el Trasvase Danubio-Rhin en Alemania; el Trasvase bajo Ródano-Languedoc en Francia, el Proyecto de desviación del alto del Río Aqueloo en Grecia y el trasvase río Tajo – Segura en España. En Australia, el Trasvase Snowy Mountains Scheme. En América los trasvases más importantes son: el Central Valley Project en los Estados Unidos; el Trasvase de la Bahía de James en Canadá; el Proyecto de trasvase de Olmos en Perú y el Proyecto de interconexión de la cuenca del São Francisco en Brasil. En Asia están el Trasvase Sur-Norte en China y el Proyecto Nacional de Unión de los ríos NRLP en la India. También en África existen numerosas obras de este tipo, destacando el Lesotho Highlands Water Project en Lesoto y los numerosos trasvases en Sudáfrica.

Aunque la idea de aprovechar las aguas no utilizadas en una cuenca y trasladarlas a otra es de larga data actualmente son iniciativas que enfrentan severas críticas por parte de grupos ambientalistas y comunidades científicas que han evaluado los efectos que estos proyectos tienen sobre la biodiversidad particularmente en la cuenca donante y en las comunidades que han sido afectadas por la disminución de la disponibilidad de agua en sus territorios.

En el caso de Chile se conoce de tres iniciativas ingresadas a la oficina de concesiones del Ministerio de Obras Públicas (MOP) para que sean declaradas de interés público y por lo tanto puedan ser ejecutadas mediante la Ley de Concesiones, con acceso a subsidio estatal. Los dos proyectos más conocidos que se intenta implementar en Chile, son aquellos impulsados por la Corporación Reguemos Chile y el otro por un Consorcio Hispano-Francés denominado AQUATACAMA. Ambos son similares en relación a los ríos de donde se extraería el agua. Sin embargo difieren sustancialmente en la forma, la tecnología y en el trazado propuesto.

El primero, impulsado por la Corporación Reguemos Chile, estima que el proyecto permitirá generar 1 millón de empleos nuevos e inversiones por US\$35 millones en plantaciones agrícolas y logística productiva. A juicio de sus promotores, se produciría un incremento en las exportaciones agroalimentarias, pasando de US\$16.000MM a US\$64.000MM para 2036.

Esta iniciativa de carretera hídrica consiste en un proyecto de cinco tramos de canalización, que permitirían transportar agua desde el sur hacia el norte del país, específicamente desde la Región del Biobío y eventualmente hasta Atacama, para venderla a US\$0,35 por metro cúbico a usuarios ubicados en las zonas central y norte de Chile.

De acuerdo a la última versión de la iniciativa, la longitud total de los tramos suma cerca de 3.900 kilómetros, ya que se trata de un trazado serpentino entre esas regiones. El costo total de la obra se estima que podría fluctuar entre US\$ 25.000MM y US\$ 30.000 MM, dependiendo del trazado y el costo de las indemnizaciones por los terrenos que sería necesario expropiar. El trazado de la tubería estaría preferentemente localizado en la cercanía de la principal carretera del país, la ruta 5 Sur y 5 Norte, y exige la instalación de estaciones de bombeo para elevar el flujo de agua y poder entregarla a las comunas que están ubicadas en las cotas más altas.

El primer tramo de esta iniciativa privada de obra pública, que transportaría agua desde el río Queuco, localizado en el Alto Biobío en la Región de Biobío hasta la Región Metropolitana, tendría una longitud de 1.015 kilómetros y podría incorporar 324.732 nuevas hectáreas agrícolas regadas en 71 comunas de la zona central del país. El valor estimado de esta obra en su primera etapa asciende a US\$ 6.000 MM y contempla subsidios por unos US\$ 2.000MM.

Al momento de ingresar este proyecto al MOP varios gremios de la zona desde donde se extraería el agua rechazaron la idea por su alto costo y recordaron que ya había sido desechada en los años 60, mientras entidades como Fundación Terram derechamente califican el proyecto de “falsa panacea”. Por su parte, académicos del Departamento de Geografía de la Universidad de Chile, señalaron que este tipo de proyectos podría generar cambios en el uso del suelo que podría agravar, en el mediano plazo, las consecuencias que ya se observan por los efectos del cambio climático, al forzar y promover el cambio de uso del suelo a los monocultivos extensivos.

El proyecto AQUATACAMA por su parte, cuya primera mención sobre su existencia data desde agosto de 2007, ofrece una alternativa diferente de traslado. Se propone utilizar un tubo semi sumergido a lo largo de la costa, anclado a pocos metros sobre el lecho del océano, lo que permite mantener las descargas desde la tubería principal en la misma cota, esto es, a nivel del mar. Este proyecto también contempla distintas etapas y el caudal total transportado en régimen alcanzaría a 33,7 m³/s. Los ríos que aportarían y los caudales extraídos son el Biobío (10,47 m³/s), Maule (17,29m³/s) y Rapel (5,95m³/s).

Habría doce lugares de descarga, todas ubicadas en ciudades costeras. La primera estaría ubicada en la Comuna de Quintero y la última en la ciudad de Antofagasta con una distancia total de recorrido de 2.030 km.

El año 2012 la Fundación Chile realizó un primer estudio del impacto económico y social que podría tener esta iniciativa y consideró un incremento de la superficie regada de 100.000ha. Sobre esa base, sus conclusiones fueron que se podrían crear 300.000 nuevos empleos, el aporte al PIB sería de aproximadamente 13% del nivel actual y el aporte adicional a los ingresos fiscales sería del mismo orden de magnitud que la inversión. Es decir que si AQUATACAMA se realizara como proyecto de obra pública, el Estado recuperaría la inversión en un año. Posteriormente, el año 2013, en un estudio realizado por la Comisión Nacional de Riego y la Universidad de Chile la proyección de nuevas hectáreas se elevó a 173.124ha. Con este nuevo antecedente, los impulsores de este proyecto estiman que el impacto económico y social real sobre la economía chilena podría aumentar aproximadamente en la misma proporción.

Otro factor importante que distingue el proyecto AQUATACAMA del anterior es que en el primero se considera extraer el agua en el punto de salinidad de los ríos de captación. El punto de salinidad de un río es el punto, cercano a su desembocadura, donde el agua deja de ser totalmente dulce y empieza a ser salada. Está situado algunos kilómetros tierra adentro dependiendo del río considerado. El proyecto señala que el punto de captación se produce donde ya no hay más usos humanos posibles río abajo y donde todos los usos río arriba han sido debidamente satisfechos. Río abajo de ese punto existe un único usuario pero sumamente importante: los ecosistemas de la desembocadura fauna y flora así como de la pluma del río en el mar (con los servicios ambientales correspondientes: por ejemplo, pesca artesanal local). Por esta razón el proyecto AQUATACAMA considera extraer agua en una proporción bastante menor al caudal que desemboca en el mar de tal manera que no ponga en riesgo la mantención de los ecosistemas que allí viven.

El costo total de la inversión, incluyendo todos los estudios previos a la construcción y la valoración de los terrenos para las obras terrestres, se estima en US\$8.082MM. Aun cuando son proyectos distintos, este tipo de iniciativas generalmente se ven enfrentadas a una críticas común hacia quienes las promueven. Los detractores de proyectos de trasvase abordan el principio sobre el cual se sustentan en el sentido de que sus promotores sostienen la errónea premisa, a juicio de sus críticos, de que el agua que no es utilizada en una determinada cuenca termina “perdiéndose en el mar”. Esta concepción es cada vez más resistida por cuanto la ciencia señala que los ríos constituyen la principal interfaz activa entre la tierra y el océano.

Existe un amplio consenso entre la comunidad científica respecto de que el agua dulce que transportan los ríos y que termina vaciándose en los océanos también traslada una gran cantidad de nutrientes que contribuyen a la riqueza ecológica y productiva del mar. Esta es precisamente una de las razones que hoy se presentan para justificar la mantención de un cierto volumen de agua, un determinado caudal ecológico, que debe permanecer en el curso de fluvial. Si el río transporta una menor cantidad de agua en la desembocadura también disminuye el volumen de sedimento transportado, lo que podría ocasionar desequilibrios en los ecosistemas que allí se encuentran.

Un caso ilustrativo es el del Trasvase del Río Tajo al río Mundo afluente del río Segura en España. Se trata de una de las obras de ingeniería más grandes construidas en este país que tiene un recorrido de 292 Km solamente, y una capacidad de 33 m/seg, levemente inferior al proyecto AQUATACAMA. Recientemente, en marzo del 2019 y después de largos años de litigios y demandas, el Tribunal Supremo de España ha anulado varios artículos del Plan Hidrológico del Tajo por no fijar los caudales ecológicos en varios tramos del río. La sequía que padece el sur del país en especial, ha puesto además en el tapete la discusión de si es posible continuar con el trasvase en la cuantía prevista, y la autoridad nacional, el Ministerio de Transición Ecológica, está tomando cartas en el asunto.

Por otra parte, un reciente estudio de la Universidad Católica San Antonio de Murcia (UCAM) y de la Universidad de Murcia (UMU) advierte que el trasvase Tajo-Segura no podrá transferir agua en 2070 si se cumplen las proyecciones climáticas, debido a que el calentamiento global hará que la península ibérica sufra cada vez “más carencias hídricas, con graves pérdidas económicas”. Así, el hecho de que haya menos nieve, menos lluvia y menos caudal pondrá en peligro la continuación de los trasvases.

El estudio advierte que las proyecciones climáticas son muy pesimistas, remarcando que las precipitaciones más escasas y el aumento de las temperaturas provocarán importantes alteraciones fluviales, sobre todo en los ríos que dependen de descargas de aguas subterráneas y del deshielo. Un claro ejemplo es el caso de la cuenca alta del río Tajo, cuyos excedentes de recursos hídricos son transferidos al río Segura, según la regla de explotación actual. De hecho en los últimos años, los trasvases hacia la cuenca del río Segura procedentes de la cabecera del Tajo están siendo muy inferiores a los planificados. En lugar de los teóricos 540 hm³/año que deberían llegar, se han registrado unos caudales de entrada a la cuenca del río Segura de unos 365 hm³/año de media.

Esta situación llama a reflexionar sobre los proyectos de carretera hídrica en general. Por un lado es necesario considerar la longitud del recorrido, los caudales ecológicos de los ríos y afluentes considerados, los impactos del cambio climático sobre temperaturas y precipitaciones, así como los conflictos si disminuyen los caudales de los cuales se pretende obtener el agua a transportar hacia el norte.

2.8 CONCLUSIONES

1. Los principales indicadores que permiten cuantificar la disponibilidad hídrica en Chile muestran una clara tendencia a la disminución del recurso. Tanto en términos de escorrentía, caudales de los principales ríos, capacidad utilizada en los embalses, precipitaciones, estado de los glaciares, entre otros señalan que el recurso agua está sometido a una creciente presión, no sólo por el lado de la demanda sino que también por el lado de la oferta que se ha estado reduciendo por causa de la prolongada sequía que está afectando al país desde fines de la década pasada y que en parte se explica por los efectos del cambio climático. Este desbalance ha elevado considerablemente el nivel de estrés hídrico del país, situación que se destaca en el informe publicado en agosto de este año por el World Resources Institute (WRI), donde se pone de relieve el riesgo que enfrenta Chile, ya que aparece situado en el lugar dieciocho entre 164 países del mundo analizados, y encabezando el grupo considerado como de “Alto Estrés Hídrico”.

2. Un elemento que es importante destacar es que desde la elaboración y publicación del anterior Balance Hídrico, desarrollado entre los años 1983 y 1987 con registros de datos recopilados entre 1951 y 1980 y publicado en 1987, hoy el país cuenta con muchos más datos a partir de los cuales se puede analizar el estado de los recursos hídricos. Desde esa fecha hasta ahora la red hidrométrica nacional ha crecido significativamente, lo que permite disponer de más y nuevos registros, de variables que antes no estaban consideradas así como de nuevas zonas monitoreadas ya sea mediante la observación en terreno o en forma remota. Toda esta cantidad adicional de información disponible permite realizar no solo un análisis espacial de las componentes del balance, sino que además estudiar las variaciones temporales que se han observado en las últimas décadas. Así es posible extraer valiosas conclusiones respecto de los comportamientos observados en algunas variables que se suponían estacionales y que hoy ya no se cumplen precisamente por los efectos del constante estado de cambio de las condiciones climáticas.

La comparación de esos datos con los obtenidos en la actualización del Balance permitió tener una visión global de los impactos del cambio climático, posibles alteraciones en los regímenes de escurrimiento de ríos o en los patrones de distribución espacial y temporal de lluvias y temperatura.

3. Desde 1961 a la fecha, se observa una persistente reducción de los caudales de la mayor parte de los ríos de la zona centro sur del país. Sin embargo, la tasa de reducción de caudales se ha acelerado en la última década, particularmente de aquellos ríos que se abastecen principalmente del derretimiento de nieve durante los meses de primavera y las primeras semanas del comienzo del verano. Así por ejemplo, la pérdida combinada del caudal de seis ríos cuyos caudales son fundamentales para sostener la actividad agrícola, ubicados entre las regiones de Coquimbo y del Maule (los ríos Choapa, Aconcagua, Maipo, Cachapoal, Teno y el Maule) entre los años 2010 y 2019 representa un menor caudal de 38,8 millones de m³ en promedio durante el mes de diciembre y 19,1 millones de m³ durante el mes de Julio. Dado los déficits de precipitaciones que se han registrado durante el año 2019 y la escasa acumulación de nieve que se observa en la cordillera es altamente probable que a partir del mes de octubre de este año se comiencen a sentir severos impactos en los rendimientos de muchos cultivos, destinados tanto al mercado interno como a la exportación, derivados de la falta de agua para riego.

4. En un escenario de escasez hídrica caracterizado entre otras variables por la reducción de caudales de importantes ríos de la zona centro sur, severos déficits en las precipitaciones, disminución del agua embalsada, el debate sobre la mantención de caudales ecológicos que permitan proteger los ecosistemas en las cuencas, conducirá inevitablemente a una discusión de un modelo que posibilite alcanzar y preservar el equilibrio entre la producción de bienes esenciales y la preservación de especies amenazadas.

5. Ante el escenario de escasez antes señalado, cobra gran importancia implementar nuevas alternativas que permitan aumentar la oferta de agua, tales como la reutilización de las aguas grises y la captación de aguas de lluvias tanto a nivel de hogares, como de escuelas, edificios públicos y otros, todo ello con medidas para contener la sobre utilización de los recursos hídricos.

6. Un desafío importante para mejorar la gestión del agua en Chile se refiere a modificar la institucionalidad vigente, y que fue señalado en el informe del Banco Mundial elaborado por encargo del Gobierno de Chile en el año 2012. La severa escasez de agua que hoy se observa en el país ha revitalizado el debate sobre la dispersión que existe en materia institucional. Y también sobre las dificultades para lograr una adecuada coordinación entre las múltiples instituciones encargadas de la gestión de los recursos hídricos. En las últimas semanas de agosto se han conocido distintas iniciativas que pudieran contribuir a superar las dificultades señaladas. Entre otras, la propia solución propuesta por el Banco Mundial, en el sentido de crear una subsecretaría del agua radicada en el Ministerio de Obras Públicas.

7. Junto con lo anterior, dado el creciente desequilibrio entre oferta y demanda por agua y los conflictos generados entre los distintos usuarios por asegurar su disponibilidad, también se ha activado el debate por actualizar el ordenamiento jurídico que contiene el actual Código de Aguas. La reforma a este cuerpo legal impulsada por la administración anterior, que entre otras materias propone establecer una prioridad de usos y terminar con el otorgamiento de derechos de agua a perpetuidad y sustituirlo por un mecanismo de concesiones continúa su trámite legislativo en la Comisión de Obras Públicas del Senado. El actual Gobierno expresó su intención de modificar varias de las disposiciones que ya habían sido aprobadas por la Cámara de Diputados.

Sin embargo, hasta ahora el Gobierno sólo ha explicitado que su política hídrica estará basada en 4 pilares: i) asegurar la certeza jurídica de la duración y transferibilidad de los derechos de aprovechamiento de agua, ii) establecer certeza hídrica de los mismos de tal manera que haya correspondencia entre la disponibilidad de agua en cuencas y acuíferos y derechos de aprovechamiento que se otorguen; iii) promover una mayor transparencia y menos costos de transacción en el mercado; y iv) asegurar una fiscalización efectiva por parte de la DGA.

8. El actual modelo de empresas que proporcionan servicios sanitarios, de provisión de agua potable y de tratamiento de aguas servidas, se ha visto tensionado por episodios que han afectado la disponibilidad de agua en algunas ciudades importantes en el país, incluyendo la Región Metropolitana. Problemas de contaminación y de cortes prolongados, además de las altas pérdidas de agua que reportan las empresas de servicios sanitarios, que hoy supera el 30%, han generado preocupación en la población y en las autoridades políticas, tanto en el Gobierno como en el Congreso Nacional. Recientemente el Gobierno anunció que establecerá mecanismos de cooperación con Holanda, Israel y China para mejorar la gestión del agua e introducir las mejores tecnologías disponibles que permitan aumentar la oferta del agua (por ejemplo, a través de plantas desaladoras), mejorar la productividad en el uso del agua, reduciendo las pérdidas de agua potable y ampliando el riego tecnificado.
9. Respecto de la implementación de proyectos de inversión en plantas desaladoras, actualmente se debate en el Senado un proyecto de ley, iniciado a través de una moción parlamentaria que intenta que las aguas producidas mediante este mecanismo no se rijan por las disposiciones contenidas en el actual Código de Aguas, estableciendo estas aguas como un bien nacional de uso público, con tuición exclusiva por parte del Estado. Los proyectos deberán ser multipropósitos, su localización deberá ser coordinada con las autoridades regionales y deberán cumplir con las exigencias establecidas por el sistema de evaluación de impacto ambiental y que además, como se señala en el Artículo 3° bis.- "Siempre prevalecerá el uso para el consumo humano, doméstico y el saneamiento, y para la mantención de un caudal ecológico en los acuíferos."

Este proyecto ya fue aprobado en la Comisión de Recursos Hídricos del Senado y probablemente será votado en el Pleno en una fecha próxima.

BIBLIOGRAFIA

- Banco Interamericano de Desarrollo, BID, Damián Indij. Diagnóstico del grado de desarrollo del enfoque de caudales ambientales en países de Latinoamérica. Disponible en URL: <https://publications.iadb.org/es/publicacion/diagnostico-del-grado-de-desarrollo-del-enfoque-de-caudales-ambientales-en-paises-de>
- Banco Mundial- BM. (2013). CHILE: Estudio para el mejoramiento del marco institucional para la gestión del agua. Unidad de Ambiente y Aguas, Departamento de Desarrollo Sostenible, Región América Latina y el Caribe. Disponible en URL: <http://reformacodigodeaguas.carey.cl/wp-content/uploads/2014/09/Informe-Banco-Mundial-Estudio-para-el-mejoramiento-del-marco-institucional.pdf>
- Banco Mundial. (2011). Diagnóstico de la gestión de los recursos hídricos en Chile. Departamento de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible Región para América Latina y el Caribe. Disponible en URL: http://www.dga.cl/eventos/Diagnostico%20gestion%20de%20recursos%20hidricos%20en%20Chile_Banco%20Mundial.pdf
- Carrasco, J., Casassa, G., y Quintana, J. (2009). Changes of the 0°C isotherm and the equilibrium line altitude in central Chile during the last quarter of the 20th century. Disponible en URL: <http://www.tandfonline.com/doi/pdf/10.1623/hysj.2005.50.6.933?needAccess=true>
- Carrasco, J.C., Quintana, J. y Casassa, G. (2005). Changes of the 0°C isotherm and the equilibrium line altitude in central Chile during the last quarter of the 20th century. *Hydrological Sciences Journal*, 50(6), 933-948.
- Centro de Cambio Global- CCG; Centro para Estudios Avanzados en Ecología y Biodiversidad -CASEB e Instituto de Ecología y Biodiversidad- IEB. (2010). Estudio de vulnerabilidad de la biodiversidad terrestre en la eco-región mediterránea, a nivel de ecosistemas y especies, y medidas de adaptación frente a escenarios de Cambio Climático.
- Santiago, Chile. Disponible en URL: http://www.sinia.cl/1292/articles-0188_recurso_4.pdf
- Centro de Ciencias Ambientales- EULA. (2014). Proyecto Análisis de Riesgos de Desastres y Zonificación Costera, Región del Biobío. Disponible en URL: http://www.eula.cl/bordecosterobiobio/doc/Lebu_Final_Octubre_2014.pdf
- Centro de Ciencia del Clima y la Resiliencia - CR2. (2018). Plataforma de Simulaciones Climáticas, futuro cercano, intermedio y lejano (2020-2065) en norte chico. Disponible en URL: <http://simulaciones.cr2.cl/>
- Centro del Agua para Zonas Áridas y Semiáridas de América Latina y el Caribe-CAZALAC. (2017). Indicador de déficit hídrico en aguas subterráneas de Chile. Informe Técnico elaborado para Escenarios Hídricos 2030. Disponible en URL: www.escenarioshidricos.cl/multimedia
- Centro de Desarrollo Urbano Sustentable (CEDEUS), Steiniger, S., Villegas, R., De la Fuente, H., Díaz, S. & Rueda, I. Informe ejecutivo 2018: indicadores de sustentabilidad urbana aplicación en seis ciudades chilenas. Junio 2019 Disponible en: <http://indicadores.cedeus.cl>
- Chile Sustentable, Berland, Alexander: Glaciares Chilenos: reservas de agua estratégicas amenazadas: Un resumen de recientes resultados del IPCC, PNUMA y otras investigaciones 2016. Disponible en URL: <http://www.chilesustentable.net/glaciares-en-chile-semiarido-cambio-climatico-mineria-y-seguridad-hidrica/>
- Chile Sustentable, Berland, Alexander: Glaciares en Chile semiárido: cambio climático, minería y seguridad hídrica Una base científica para el debate político. 2016. Disponible en URL: <http://www.chilesustentable.net/wp-content/uploads/2016/07/Glaciares-en-Chile-semi%C3%A1rido-cambio-clim%C3%A1tico-miner%C3%ADa-y-seguridad-h%C3%ADrica-2.pdf>
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe- CEPAL. (2012). La economía del Cambio Climático en Chile. Santiago, Chile. Disponible en URL: http://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/35372/1/S2012058_es.pdf
- Dirección General de Aguas- DGA. (2016a). Atlas del agua en Chile. Santiago, Chile. Disponible en URL: <http://www.dga.cl/atlasdelagua/Paginas/default.aspx>
- Dirección General de Aguas- DGA. (2011a). Variaciones recientes de glaciares en Chile, según principales zonas glaciológicas. Santiago, Chile. Disponible en URL: <http://documentos.dga.cl/GLA5360.pdf>

- Dirección General de Aguas- DGA. (2011b). Catastro, Exploración y Estudio de Glaciares en Chile Central. Disponible en URL: <http://documentos.dga.cl/GLA5370v1.pdf>
- Dirección General de Aguas-DGA. (2004a). Diagnóstico y clasificación de los cursos y cuerpos de agua según objetivos de calidad: Cuenca del Maipo. Disponible en URL: <http://portal.mma.gob.cl/wp-content/uploads/2017/12/Maipo.pdf>
- Dirección General de Aguas- DGA. (2004b). Diagnóstico y clasificación de los cursos y cuerpos de agua según objetivos de calidad: Cuenca de Maule. Disponible en URL: <http://portal.mma.gob.cl/wp-content/uploads/2017/12/Maule.pdf>
- Dirección General de Aguas- DGA. Diagnóstico y clasificación de los cursos y cuerpos de agua según objetivos de calidad. Cuenca del río Copiapó diciembre 2004.
- Dirección General de Aguas, DGA. Diagnóstico de la condición trófica de cuerpos lacustres utilizando nuevas herramientas tecnológicas, 2014. Disponible en URL: <http://www.dga.cl/estudiospublicaciones/Paginas/default.aspx>
- Dirección General de Aguas, DGA. Boletines hidrológicos mensuales desde enero 2015 a agosto 2019. Disponible en URL: <http://www.dga.cl/productosyservicios/informacionhidrologica/Paginas/default.aspx>
- Dirección General de Aguas, DGA. Diagnóstico Nacional de Organizaciones de Usuarios. 2018. Disponible en URL: <http://documentos.dga.cl/ADM5812v2.pdf>
- Fundación Chile Escenarios Hídricos 2030- EH2030. (2018). Radiografía del Agua: brecha y riesgo hídrico en Chile., Santiago. Disponible en URL: www.escenarioshidricos.cl/Multimedia
- Fundación Chile. Transición hídrica: El futuro del agua en Chile. 2019 (Iniciativa Escenarios Hídricos 2030). Disponible en URL: <https://www.escenarioshidricos.cl>
- Fundación Chile. Radiografía del Agua: Brecha y Riesgo Hídrico en Chile. 2018. (Iniciativa Escenarios Hídricos 2030). Disponible en URL: <https://fch.cl/wp-content/uploads/2018/07/radiografia-del-agua>
- Galleguillos, M., Zambrano, M., Puelma, C. y Jopia, A. (2017). Evaluación espacio-temporal del déficit hídrico para las cuencas de Chile a partir de información satelital. Santiago, Chile. Iniciativa Escenarios Hídricos 2030. Disponible en URL: <http://escenarioshidricos.cl/multimedia/>
- Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático- IPCC. (2014). Cambio Climático 2014: Impacto, adaptación y vulnerabilidad. Parte A: Aspectos sectoriales y globales. Contribución del grupo de trabajo II al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. Field, C. B., V. R. Barros, D. J. Dokken, K. J. Mach, M. D. Mastrandrea, T. E. Bilir, M. Chatterjee, K. L. Ebi, Y. O. Estrada, R. C. Genova, B. Girma, E. S. Kissel, A. N. Levy, S. MacCracken, P. R. Mastrandrea, y L. L. White (eds)]. Cambridge/Nueva York, UK/USA, Cambridge University Press, 1132 pp. Disponible en URL: <https://www.ipcc.ch/assessment-report/ar5/>
- Ministerio del Medio Ambiente, Programa de apoyo para la elaboración y seguimiento de normas de calidad ambiental de agua. Departamento de asuntos hídricos división de política y regulación ambiental. Disponible en URL: http://catalogador.mma.gob.cl:8080/geonetwork/srv/spa/resources_get?uuid=57f4f33c-e43c-495d-a82a-8f081ec981d3&fname=Guia%20NSCA%20Agua.pdf&access=public
- Ministerio del Interior y Seguridad Pública de Chile. (2015). Política nacional para los recursos hídricos 2015. Disponible en URL: http://www.interior.gob.cl/media/2015/04/recursos_hidricos.pdf
- Ministerio del Medio Ambiente- MMA. (2017a). Plan de Acción Nacional de Cambio Climático 2017-2022. Disponible en URL: https://mma.gob.cl/wp-content/uploads/2017/07/plan_nacional_climatico_2017_2.pdf
- Ministerio del Medio Ambiente- MMA. (2016a). Tercera Comunicación nacional de Chile ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático. Maval Spa, Santiago, Chile. Disponible en URL: <https://mma.gob.cl/wp-content/uploads/2017/12/TCN-2016b1.pdf>
- Ministerio del Medio Ambiente Cuarto Reporte del Estado del Medio Ambiente 2018.. Disponible en URL: https://sinia.mma.gob.cl/wp-content/uploads/2019/02/Cuarto-REMA-comprimido_compressed_compressed.pdf
- Ministerio del Medio Ambiente, Reporte 2005 – 2015 del registro de emisiones y transferencias de contaminantes, RETC 2017. Disponible en URL: http://www.retc.cl/wp-content/uploads/2018/12/Decimo_reporte_RETC_2005-2015.pdf
- Miranda Francisco. Experiencia en el Establecimiento de Caudales Ambientales en Chile. Seminario internacional cambio climático, política fiscal ambiental y caudales ambientales: desafíos y oportunidades para las energías sostenibles en América Latina. Buenos Aires. 26 y 27 de Mayo de 2015. Disponible en URL: <https://www.cepal.org/es/eventos/segundo-seminario-internacional-cambio-climatico-politica-fiscal-ambiental-caudales>
- Panes-Pinto Alexander, Faúndez-Vergara Rodrigo. Politización de la crisis hídrica en Chile: Análisis del conflicto por el agua en la provincia de Petorca.
- Disponible en: Agua y Territorio, núm. 10, pp. 131-148, julio-diciembre 2017, Universidad de Jaén, Jaén, España.
- Programa Mundial de las Naciones Unidas de Evaluación de los Recursos Hídricos- WWAP/ONU-Agua. (2018). Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos 2018: Soluciones basadas en la naturaleza para la gestión del agua. París, UNESCO. Disponible en URL: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000261494>
- Proyecto Seguimiento Ambiental Integral en la Cuenca del río Choapa, Informe técnico verano 2018 proyecto SAI etapa II (Consolidado de Resultados desde 2011 a 2018) Junio, 2018. Disponible en URL: <http://www.jvriochoapa.cl/wp-content/uploads/2018/07/Informe-T%C3%A9cnico-Verano-2018-listo-para-subir.pdf>
- Superintendencia de Servicios Sanitarios, SISS, Informe de Gestión del Sector Sanitario 2017. Disponible en URL: www.siss.gob.cl/w3-article-17283
- Superintendencia de Servicios Sanitarios, SISS, Informe de Gestión del Sector Sanitario 2010. SISS. Disponible en URL: www.siss.gob.cl/w3-article-8333
- World Resources Institute- WRI. (2015). Ranking the world's most water-stressed countries in 2040. Disponible en URL: <http://www.wri.org/blog/2015/08/rankingworld%E2%80%99s-most-water-stressed-countries-2040>



CAPITULO 3

INFORME PAÍS ESTADO DEL MEDIO AMBIENTE EN CHILE
2018

3. BOSQUES NATIVOS

3.1 ESTIMACION DEL ÁREA DE BOSQUE NATIVO

Entre los años 1994 y 1997 se realizó el Catastro de Recursos Vegetacionales Nativos de Chile (conocido y nombrado en adelante como Catastro). Su objetivo fue cartografiar los bosques nativos y demás categorías de uso/cobertura del suelo en Chile (por ejemplo, plantaciones forestales, matorrales, praderas naturales, terrenos de uso agropecuario, áreas urbanas, CONAF-CONAMA-BIRF 1999). Esta cartografía contenía además otros atributos tales como pendiente, rangos de altitud, así como la cobertura vegetal y uso del suelo dentro de cada unidad del Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas del Estado (SNASPE). La cartografía se hizo sobre la base de la interpretación de fotografías aéreas e imágenes satelitales y verificación en terreno del 30% de las unidades cartográficas o polígonos en los mapas. El objetivo final del Catastro fue generar un sistema de información geográfico conteniendo la cobertura vegetal y uso del suelo, que sirviera de línea de base para evaluar a futuro los cambios en la cobertura de bosque y otros usos/coberturas del suelo (CONAF et al., 1999). El Catastro fue contratado mediante licitación internacional a un consorcio liderado por la Universidad Austral de Chile e integrado además por la Pontificia Universidad Católica de Chile y la Universidad Católica de Temuco. El Catastro logró cartografiar y determinar la superficie existente de bosque nativo a 1997 a nivel nacional, con un total de 13,4 millones de ha. También determinó otros atributos en cuanto a tipos forestales, cobertura de copas, clases de altura, así como tipos y grados de intervención. Además, tuvo el mérito de que al usar una metodología robusta logró que existiera acuerdo entre el gobierno, empresas, ONGs y otros actores, respecto a la superficie, características y ubicación de los bosques nativos (Lara, 1998). Según se describió en la época en que se terminó este estudio: “La solidez del catastro pone fin a la incertidumbre y polémica respecto a la disponibilidad y calidad del bosque nativo y genera un nivel de acuerdo sin precedentes entre los diferentes actores del sector forestal, quienes han aceptado el estudio y sus resultados” (Lara, 1998).

Una vez terminado el Catastro en 1997, CONAF empezó a realizar en diferentes etapas para las distintas regiones administrativas, el proyecto denominado “Monitoreo de cambios y Actualizaciones”. Estos estudios son conocidos en adelante como Monitoreos mencionando la o las regiones que abarcan.

CONAF es la institución encargada de las cifras oficiales de las existencias de bosque nativo en Chile. La determinación del estado de los bosques nativos chilenos ha implicado serios problemas derivados de los cambios reiterados en las metodologías utilizadas, las definiciones asumidas y los diferentes períodos de actualización aplicados para cada región del país, los cuales no son coincidentes. Como ejemplo, el catastro original definió como bosque nativo a las formaciones en las cuales los árboles nativos tuvieran una

altura de al menos 2 metros y 25% de cobertura arbórea para las regiones de Valparaíso, Metropolitana y O'Higgins, y actualmente la categoría bosque nativo en estas regiones considera una cobertura mínima de 10%, lo que implicó casi triplicar el área considerada como bosque nativo en estas regiones (de 342.192 ha a 965.188 ha). Este cálculo se efectuó a partir de cifras de CONAF et al. (1999) y de CIREN-CONAF (2013). Los cambios fundamentales fueron las modificaciones en los criterios de clasificación (por ejemplo, comienza a considerarse bosque nativo a formaciones descritas anteriormente como matorrales en las regiones entre Valparaíso y O'Higgins), cambios en la metodología y aumento de la escala y detalle en los archipiélagos de Aysén y Magallanes, y la reducción de la unidad mínima cartografiada que era igual o mayor a 6,26 ha y fue cambiada a 0,5 ha, lo cual permitió hacer mapas mucho más detallados. Estas modificaciones son la causa principal para que la estimación oficial de 13,4 millones de hectáreas de bosque nativo a 1997 haya pasado a 14,4 millones de ha en 2017, vale decir un aumento de un 7,5%. Estos cambios metodológicos han sido reconocidos como la principal razón de los cambios reportados (CONAF, 2011).

De acuerdo a las últimas actualizaciones de CONAF, la superficie total de bosque nativo en el país es de 14.633.778 ha (Cuadro 3.1), cifra que supera en más de un millón de hectáreas el área estimada por el Catastro original (13,4 millones de ha, CONAF et al., 1999). A partir del estudio de Heilmayr et al. (2016) se evidencian claras diferencias con las estimaciones realizadas por CONAF. En general, las estimaciones de CONAF son mayores que las del estudio de Heilmayr et al. (2016), ya que entre las regiones de Valparaíso y Los Lagos la superficie de bosque nativo ha sido estimada en 7.434.567 ha y 5.418.048 ha, respectivamente (Cuadro 3.1). Zhao et al. (2016) estima 6.162.000 ha de bosque nativo para estas regiones, y 11.421.844 ha a nivel nacional, es decir más de tres millones de hectáreas menos que la cifra entregada por CONAF. Las diferencias entre las estimaciones se deben a la definición de la categoría bosque nativo, la cual en el caso de CONAF es menos restrictiva que las de los otros dos estudios.

En los reportes de las actualizaciones del catastro de CONAF se explicitan las limitaciones de estas evaluaciones, derivadas de sus inconsistencias metodológicas. Sin embargo, lo más preocupante es que desde 2010 las cifras de CONAF son las que alimentan el reporte global de la "Evaluación de los Recursos Forestales Mundiales" (FRA, por su sigla en inglés) de FAO (FAO, 2015). Resulta evidente entonces que existe una contradicción entre las cifras reportadas por los organismos oficiales y los estudios científicos. Recientemente se realizó una evaluación del sistema de monitoreo de bosque nativo que realiza CONAF, respecto a su capacidad como sistema de monitoreo, poniendo a prueba tres criterios básicos que FAO establece como mínimos: i) comparabilidad, ii) replicabilidad y iii) calidad (Miranda et al., 2018). Los resultados obtenidos muestran que el sistema de monitoreo no cumple con estos requisitos mínimos para estimar los cambios de superficie de los bosques en Chile y se proponen una serie de acciones para su mejora.

CUADRO 3.1. Superficie de bosque nativo por región de acuerdo a distintas fuentes de información

Región	CONAF, 2019a (ha)	Heilmayr et al., 2016 (ha)	Zhao et al., 2016 (ha)
Arica y Parinacota	47.151	s.i.	686
Tarapacá	33.246	s.i.	9.480
Antofagasta	0	s.i.	317
Atacama	0	s.i.	967
Coquimbo	48.475	s.i.	31.277
Valparaíso	484.116	81.980	94.780
Metropolitana	363.955	100.120	94.047
O'Higgins	459.309	163.870	182.118
Maule	581.515	363.552	463.034
Biobío y Ñuble	845.552	705.794	893.471
La Araucanía	964.153	1.018.944	992.927
Los Ríos	908.531	700.340	925.911
Los Lagos	2.827.436	2.283.448	2.515.712
Aysén	4.398.745	s.i.	3.541.898
Magallanes y Antártica	2.671.594	s.i.	1.675.219
Subtotal regiones Valparaíso a Los Lagos	7.434.567	5.418.048	6.162.000
TOTAL	14.633.778	-	11.421.844

¹ FUENTE: CONAF, 2019a. Estimaciones a noviembre de 2018 <http://sit.conaf.cl/>

La incertidumbre en las estimaciones de la superficie de bosque nativo no son solamente un problema en Chile. A nivel global, sigue siendo un desafío lograr diferenciar a gran escala los bosques naturales de las plantaciones forestales (Zhao et al., 2016; Curtis et al., 2018), lo cual afecta las estimaciones globales de la dinámica de pérdida de bosques naturales. Por ejemplo, el reporte FAO destaca un incremento de la cobertura de bosques a nivel mundial (FAO, 2015, 2016), sin embargo Hansen et al. (2013) estimó una pérdida de bosques neta global de 1,5 millones de km² desde 2000 a 2012. El estudio de Hansen et al. (2013) representa el mayor esfuerzo global para estimar el balance de la superficie de los bosques, el cual se desarrolló a partir de una base de datos global para el periodo 2000-2013, actualizada recientemente hasta 2017. Sin embargo, dadas las actuales limitaciones de información y técnicas de procesamiento de imágenes no es posible diferenciar si la pérdida de bosques es a partir de bosques naturales o plantaciones forestales.

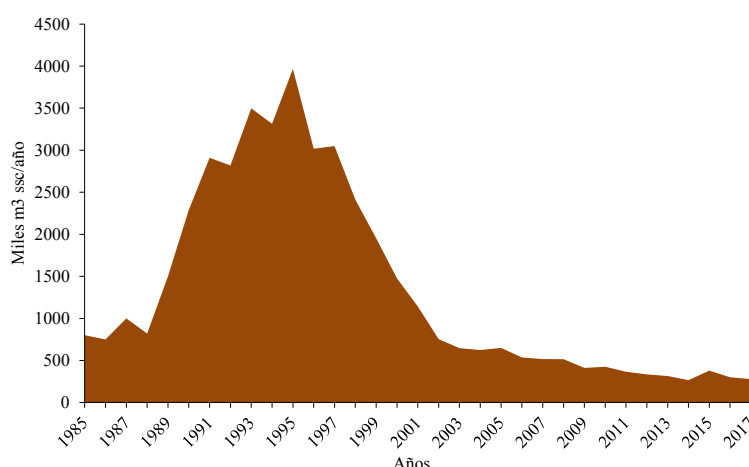
3.2 AMENAZAS A LOS BOSQUES NATIVOS

3.2.1 Presión productiva

3.2.1.1 Consumo industrial de madera nativa

La Figura 3.1 muestra la evolución del consumo industrial de madera nativa para el periodo 1985-2017. Hasta 1988, el consumo industrial de maderas nativas no alcanzaba el millón de metros cúbicos sólidos anuales, los cuales eran utilizados para la producción de madera aserrada, chapas y tableros. A fines de los 80s comenzó el boom de las astillas (1989-2001), periodo que se caracterizó por un fuerte aumento en el consumo industrial de madera nativa, que alcanzó un máximo de 4 millones de metros cúbicos sólidos en 1995 (INFOR, 2008). Durante ese periodo, 22 millones de metros cúbicos de madera nativa fueron extraídos para producir astillas de exportación, lo que generó un enorme deterioro del bosque nativo en las regiones de Los Ríos y Los Lagos.

Figura 3.1 Consumo industrial de madera nativa, periodo 1985-2017



FUENTE: INFOR (2008; 2018a). m³ ssc: metros cúbicos sólidos sin corteza.

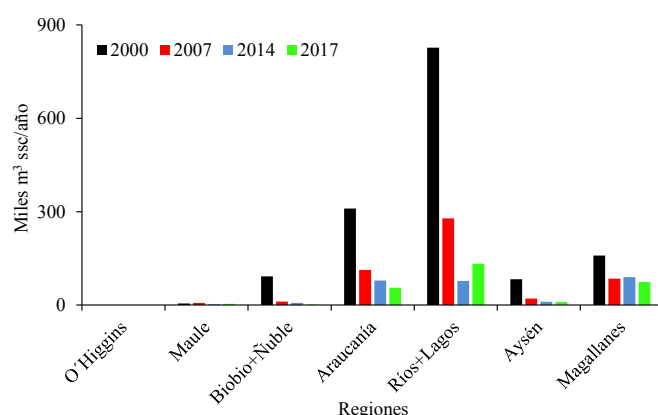
Entre 1995 y 2017 hubo una fuerte disminución en el consumo industrial de madera nativa, provocada por la caída que experimentó el consumo de trozas astillables. La fuerte descapitalización (degradación) que ocurrió en los bosques nativos de las regiones de Los Ríos y Los Lagos durante los años 90s (década de las astillas), es una de las causas de la merma en el consumo industrial de madera nativa. Este proceso se caracterizó por la falta de manejo forestal y la extracción selectiva de los mejores árboles, lo cual redujo la disponibilidad de madera de calidad y con ello las posibilidades de industrializar y darle valor agregado a la madera nativa.

La degradación del bosque nativo no es, sin embargo, el único factor que incide en el escaso aprovechamiento industrial de la madera nativa. La alta disponibilidad de madera de *Pinus radiata*, la cual inunda el mercado a precios muy bajos (después de varias décadas de subsidios estatales), y la altísima demanda de leña (15 millones de metros cúbicos anuales) implica que mucha madera nativa se utilice con ese fin. Esto, dado que es un mercado mucho más estable y con menos incertidumbre que el mercado del aserrío, los tableros de partículas u otros, que tienen más valor agregado pero que han encontrado en las plantaciones forestales suficiente madera para abastecerse.

Al respecto, INFOR (2018b) proyecta graves problemas de abastecimiento de madera de *Pinus radiata* para abastecer la industria, debido a los incendios forestales ocurridos durante los últimos años en las regiones del Maule, Biobío y Araucanía, tema discutido en la sección 3.2.2.2. Esto podría representar una oportunidad para industrializar parte de la madera nativa que hoy se utiliza como leña, en las regiones que cuentan con stocks adecuados y una ubicación cercana a la industria. La materialización de esta oportunidad requiere de una política que incluya incentivos al manejo forestal sustentable, medidas de conservación, programas de acompañamiento a productores forestales y el control del sobrepastoreo (ganado bovino, ovino y caprino) que afecta a millones de hectáreas de bosque nativo.

La Figura 3.2 muestra que gran parte de la madera nativa que se consume en la industria forestal chilena se origina en las regiones de La Araucanía, Los Ríos, Los Lagos y Magallanes. En 2017, el consumo de trozas para producción de tableros y chapas representó el 28% del consumo industrial de madera nativa, lo cual implicó un aumento con respecto al 2014, año en que llegó a su valor más bajo (15%). El 72% restante se destinó a madera aserrada, la cual se origina en las regiones de Los Ríos (31%), Magallanes (28%), Araucanía (20%) y Los Lagos (17%) (INFOR, 2018a).

Figura 3.2 Consumo industrial de madera nativa por Región de origen.



Nota: Las regiones de Los Ríos y Los Lagos se presentan juntas debido a que no fue posible dividir el consumo de madera en trozas el año 2000, cuando ambas eran parte de una misma unidad administrativa. Lo mismo ocurre con la recientemente creada región del Nuble. m3 ssc: metros cúbicos sólidos sin corteza.

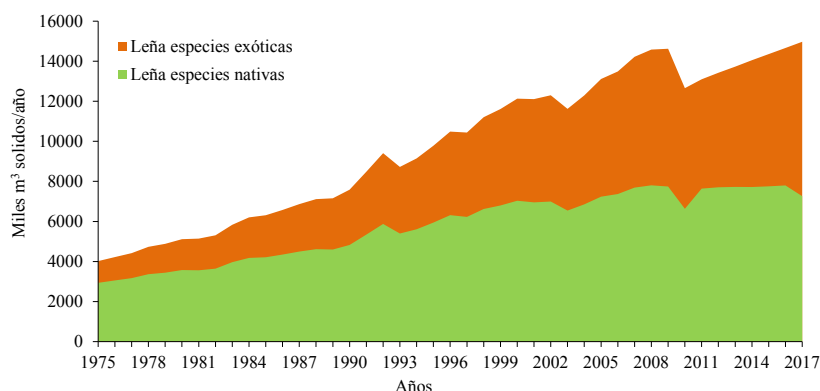
FUENTE: INFOR (2001; 2008; 2018a).

3.2.1.2 Consumo de madera para leña

En Chile, la mayor parte de la madera nativa se consume como leña (uso no industrial). En 1994, el Instituto Forestal (INFOR) publicó un primer estudio al respecto, en el cual se propuso un modelo econométrico para proyectar el consumo de este combustible. Dicho modelo planteaba que el consumo de leña en un año determinado era consecuencia del consumo del año anterior, más la incidencia de una serie de variables económicas como el nivel de precios, la producción manufacturera y el tipo de cambio, entre otras. Este modelo fue utilizado por la Comisión Nacional de Energía (CNE) hasta el 2011, año en el que dejaron de utilizarlo dado que iniciaron un proceso de homologación de metodologías y definiciones con la Agencia Internacional de Energía.

La Figura 3.3 muestra el consumo nacional de leña entre 1975 y 2017. Entre 1975 y 1991, las cifras provienen del Balance de Energía publicado por la Comisión Nacional de Energía en 1991. Entre 1992 y 2010, las cifras provienen de estimaciones realizadas por CNE a partir del modelo econométrico propuesto por INFOR (1994), mientras que entre 2011 y 2017 las cifras provienen de estudios realizados por INFOR en el contexto del Observatorio de los Combustibles Derivados de la Madera. Estas últimas están ajustadas a los resultados del Censo de Población y Vivienda del 2017, asumiendo un aumento lineal en la cantidad de viviendas por región entre 2002 y 2017 (INE, 2002; 2017).

Figura 3.3 Consumo de leña en Chile entre 1975 y 2017

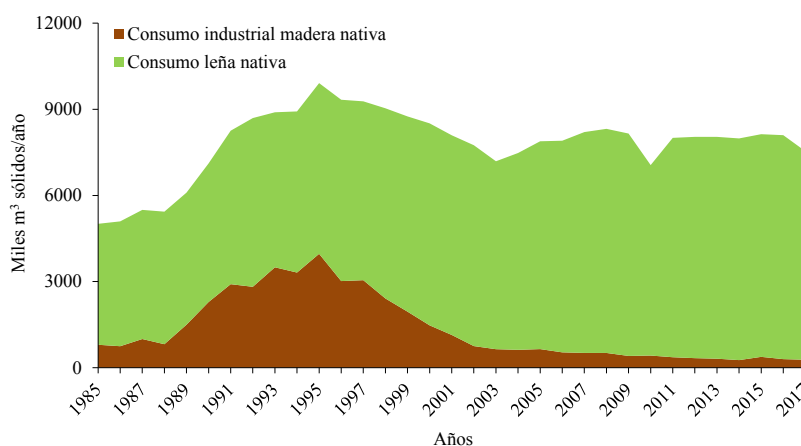


FUENTE: CNE (1991), INFOR (2008; 2012; 2019), INE (2002; 2017).

Entre 1975 y 1991, el consumo de leña aumentó de 4 a 8 millones de metros cúbicos sólidos, buena parte de los cuales correspondían a especies nativas (de 75% en 1975 a 65% en 1991). En 1992 se produce un peak de consumo, en torno a los 9,5 millones de metros cúbicos sólidos, los que corresponden al volumen estimado por INFOR (1994) en base a encuestas y fuentes de información secundaria. Con posterioridad, las cifras siguen una tendencia relativamente lineal, con altos y bajos asociados a la utilización de variables económicas para estimar el consumo. Durante la década de los 90s y la primera parte de la década del 2000, Chile tuvo cifras de crecimiento económico muy altas, y producto de esto el consumo de leña tiende a sobrestimarse, hasta 2009 cuando cae bruscamente debido a la crisis de las hipotecas en Estados Unidos (crisis subprime). A partir de 2011, el modelo econométrico propuesto por INFOR deja de utilizarse, razón por la cual las cifras se estabilizan, para alcanzar los 15 millones de metros cúbicos sólidos en 2017, 49% de los cuales corresponden a especies nativas.

Las Figuras 3.3 y 3.4 muestran que, si bien el consumo total de leña en Chile va en aumento, el uso de maderas nativas para dicho fin comienza a estabilizarse en torno a los 7,5 millones de metros cúbicos sólidos anuales. Es decir, el consumo de madera proveniente de plantaciones forestales, especialmente de *Eucalyptus* spp y *Acacia* spp., así como también el uso de desechos de plantaciones de *Pinus radiata* y de frutales, se están convirtiendo en una importante fuente de abastecimiento de leña que representa el 51% del total (Figura 3.3). El uso de plantaciones para la producción de leña fue posible, en parte, debido a una mejora relativa en el precio de la leña con respecto a otros mercados, como el de la celulosa. Esto ocurrió como consecuencia de las nuevas exigencias que comenzaron a implementarse en el mercado de la leña (leña seca, certificación, etc.), las cuales generaron aumentos de precios (Reyes, 2017).

Figura 3.4 Consumo total de madera nativa entre 1985 y 2017



FUENTE: CNE (1991), INFOR (2008; 2012; 2019), INE (2002; 2017).

Entre 1991 y 2017 el consumo de madera nativa utilizada como leña aumentó en un 6,8%, con un peak en 2014, mientras que el consumo industrial de madera nativa cayó en un 85,8% (Cuadro 3.2). Expresados como variación anual, el aumento en la producción de leña es de un 0.5% y la disminución en el uso industrial de un 9%.

Cuadro 3.2 Variación en el consumo de leña y consumo industrial proveniente de maderas nativas

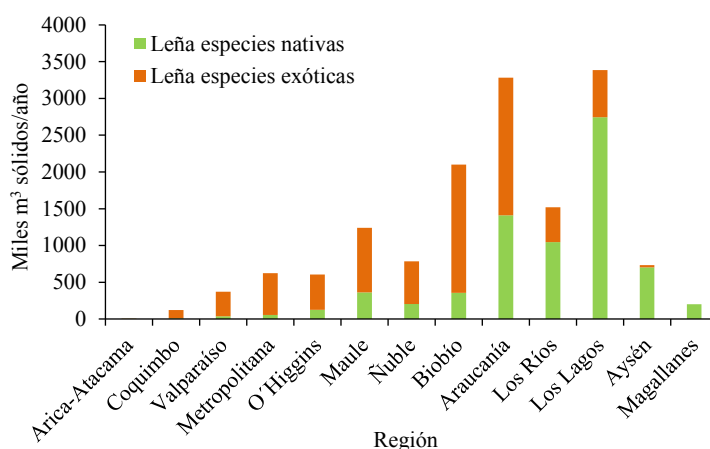
Variable	Volumen 1999 (miles de m3 ssc/año)	Volumen 2014 (miles de m3 ssc/año)	Volumen 2017 (miles de m3 ssc/año)	Variación 1999-2017 (%)	Variación media anual 1999-2017 (%)
Consumo industrial	1.953	266	278	- 85,8	-9,0
Consumo de leña	6.798	7.719	7.261	+ 6,8	+0,5

ssc: sólido sin corteza.

FUENTE: INFOR (2008; 2018a; 2019).

La Figura 3.5 muestra que las regiones del Biobío, Araucanía y Los Lagos son las principales consumidoras de leña, con volúmenes que fluctúan entre 2,0 y 3,5 millones de metros cúbicos sólidos anuales. Desde la región del Biobío al norte la leña proviene principalmente de plantaciones forestales (incluyendo el aprovechamiento de desechos) y cultivos agrícolas (frutales y viñas), mientras que desde la región de Los Ríos al sur gran parte del abastecimiento proviene de bosques nativos. En la región de la Araucanía, en tanto, la leña proviene tanto de plantaciones como de bosques nativos.

Figura 3.5 Consumo de leña por Región y tipo de especie en 2017



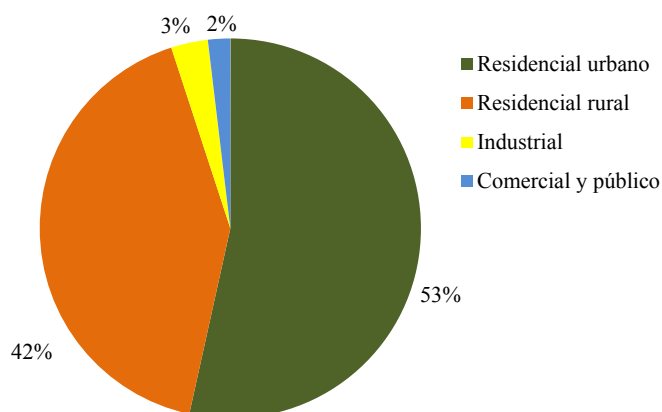
FUENTE: INFOR (2019).

La Figura 3.3 muestra que el consumo de leña de especies exóticas ha crecido a una mayor tasa que el de especies nativas en el período 1985-2017. Si estas tendencias se mantienen cabe esperar que la importancia relativa del bosque nativo en el abastecimiento de leña disminuya. Esto, en la medida que exista suficiente disponibilidad de biomasa barata proveniente de plantaciones forestales, desechos del manejo de plantaciones y actividades agrícolas, y además se acentúen problemas de agotamiento de stocks en los bosques nativos derivados de su pérdida (deforestación asociada a la expansión agrícola, ganadera, urbana, etc.) y degradación. La explotación de bosques nativos para abastecer el mercado de la leña, en la ausencia de criterios silviculturales básicos y con elevados niveles de sobrepastoreo que impiden una adecuada regeneración arbórea, continuará siendo una presión significativa sobre los bosques.

La Figura 3.6 muestra el consumo de leña por sector en 2017. El sector residencial urbano consume el 53% de la leña que se utiliza en Chile, mientras que el sector residencial rural el 42%. El consumo promedio de leña en el sector residencial urbano, considerando sólo a los hogares que consumen leña a lo largo del país, es de 5,3 m3 sólidos/año, mientras que en el sector residencial rural es de 8,3 m3 sólidos/año. La proporción entre especies nativas y exóticas es bastante pareja en todos los sectores, aunque en general el consumo de especies exóticas sobrepasa al consumo de especies nativas.

Si bien, la industria consume bastante biomasa, especialmente desechos de la industria forestal, el consumo de leña propiamente tal (madera en trozo cortada para ser utilizada con fines energéticos) es mucho menor a lo estimado en estudios anteriores (Gómez-Lobo et al., 2006). Lo mismo ocurre con el sector comercial (restaurants, alojamientos y otras actividades no manufactureras) y público (municipios, hospitales, etc.).

Figura 3.6 Consumo de leña por sector en 2017



FUENTE: INFOR (2019).

Las familias se abastecen de leña por compra, regalo o recolección (autoabastecimiento). Normalmente, la leña que se recolecta o recibe como regalo proviene del aprovechamiento de madera que se origina como producto de la caída de árboles, el despeje de terrenos o como desechos de actividades silvícolas (Reyes et al., 2018a). Es decir, biomasa que se genera como consecuencia de otras actividades o eventos, razón por la cual no puede establecerse una relación lineal entre producción de leña y procesos como la deforestación y la degradación de bosques (Reyes et al., 2018b).

La sobreexplotación de bosques para producir leña puede traducirse en degradación, especialmente cuando la presión extractiva se mantiene durante periodos prolongados, lo que se puede observar con mucha claridad en la Isla de Chiloé. Diversos autores (Neira y Bertín, 2009; Sanzana, 2012; Bannister et al., 2017) han reportado una relación directa entre degradación de bosque nativo y producción de leña. La presión sobre los bosques de tepú (*Tepualia stipularis*), cuya madera tiene un alto poder calorífico, derivado de factores culturales, es enorme, lo que ha implicado la destrucción o degradación severa de miles de hectáreas de bosque nativo en la isla.

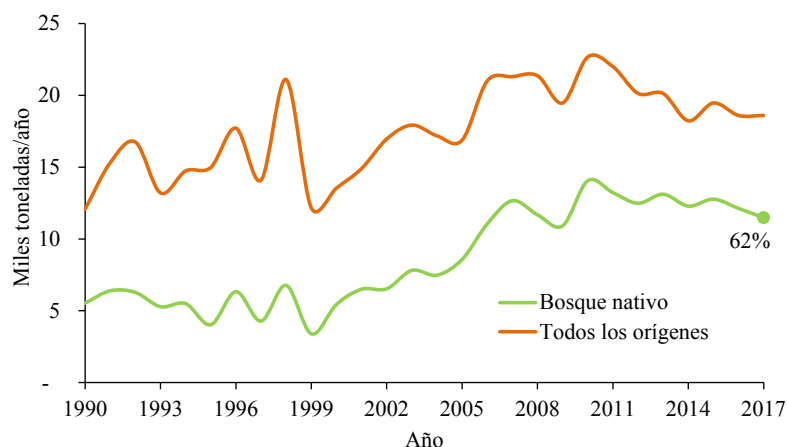
Por otra parte, el vínculo entre producción de leña y deforestación es menos claro (Bensel, 2008; Hansfort y Mertz, 2011). Incluso en zonas altamente pobladas del mundo la extracción insustentable de leña no excede el 34% del volumen total (Bailis et al., 2015), lo que a nivel global no superaría el 10% (IPCC, 2007). En el caso de habilitaciones agrícolas, por ejemplo, la leña que se obtiene corresponde a un aprovechamiento secundario y no a un factor que propicia la corta, lo que se observa también en Argentina con la producción de carbón vegetal en áreas taladas para expandir los cultivos de soja (Rueda et al., 2015). Buena parte de la leña que se consume en el sector residencial rural chileno tiene este origen, como también una pequeña fracción de la que se consume en áreas urbanas (Reyes et al., 2018a).

Los 15 millones de metros cúbicos sólidos de leña que se queman todos los años en Chile evitan el consumo de millones de toneladas de combustibles fósiles, especialmente de gas licuado y kerosene (Reyes et al., 2015), así como también de carbón mineral, ya que una parte importante de la electricidad proviene de plantas termoeléctricas que consumen este combustible. Si bien, a nivel local el uso ineficiente de leña es una de las principales causas de la contaminación atmosférica que afecta a las ciudades del centro y sur de Chile, problema que resulta del uso ineficiente de este combustible (casas mal aisladas, calefactores ineficientes y contaminantes, y uso de leña húmeda y mal dimensionada) (Schueftan y González, 2013; 2015; Schueftan et al., 2016), en términos globales el uso sustentable de leña (proveniente de un manejo adecuado), presenta ventajas importantes en términos ambientales, económicos y sociales (Reyes et al., 2015; 2019).

3.2.1.3 Consumo de productos forestales no madereros

En Chile no existen estadísticas sobre producción y consumo interno de productos forestales no madereros (PFNM), pero sí los hay sobre exportación. Entre 1990 y 1999, la exportación de PFNM provenientes del bosque nativo se mantuvo relativamente estable (Figura 3.7), para posteriormente aumentar. En la actualidad Chile exporta casi 19 mil toneladas de PFNM por un valor de 92 millones de dólares FOB, de los cuales 12 mil toneladas (60 millones de dólares FOB) provienen del bosque nativo. La importancia relativa del bosque nativo, tanto en volumen como en valor exportado, se ha incrementado fuertemente. Entre 1990 y 1999, dichas exportaciones representaban aproximadamente un tercio del total exportado, mientras que en 2017 representaron el 62%.

Figura 3.7 Exportación de productos forestales no madereros entre 1990 y 2017



FUENTE: INFOR (2010; 2016, 2018a).

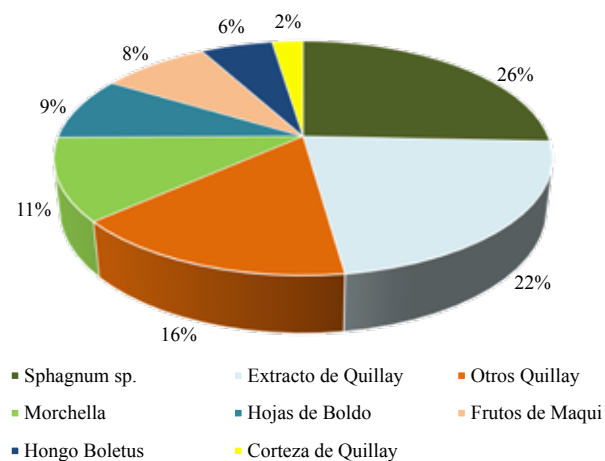
Los principales PFNM asociados al bosque nativo que fueron exportados en 2017 son: musgo *Sphagnum* sp., productos derivados de quillay (*Quillaja saponaria*), los hongos *Morchella* sp. y *Boletus* sp., hojas de boldo (*Peumus boldus*) y frutos de maqui (*Aristotelia chilensis*). Éste último recientemente incorporado en la lista de exportaciones (Cuadro 3.3, Figura 3.8).

Cuadro 3.3 Volumen y valor exportado de los principales productos forestales no madereros asociados al bosque nativo en 1990, 1999 y 2017

Principales productos	Volumen exportado (ton/año)			Valor exportado (US\$FOB/año)		
	1990	1999	2017	1990	1999	2017
Morchella sp.	0	57	124	19,768	1,778,521	6,313,000
Hongo Boletus sp.	863	1,143	1,077	1,004,495	2,302,284	3,091,000
Hojas de boldo	681	1,456	2,256	235,309	895,103	4,882,000
Extracto de quillay	994	3	548	28,944	2,900	12,290,000
Corteza de quillay	610	254	182	528,454	804,389	1,337,000
Otros quillay			2,457		11,400	8,727,000
Frutos de maqui	-	-	301	-	-	4,676,000
Musgo Sphagnum sp.		-	3,724	-	-	14,259,000

FUENTE: INFOR (2008a).

Figura 3.8. Importancia relativa de los principales productos forestales no madereros asociados al bosque nativo exportados en 2017 (% del valor exportado)



FUENTE: INFOR (2018a).

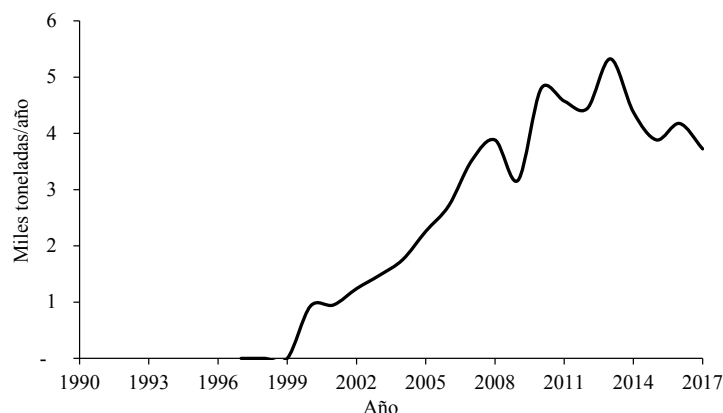
Entre 1999 y 2013, la exportación del musgo *Sphagnum* sp. aumentó fuertemente, superando las 5.300 toneladas, para luego caer a 3.700 toneladas en 2017 (Figura 3.9). Esta especie crece en turberas y áreas boscosas en las regiones de Los Ríos, Los Lagos (principalmente Chiloé), Aysén y Magallanes. El impacto ambiental asociado a la extracción de *Sphagnum* sp. ha sido muy negativo, ya que literalmente implica “raspar” el suelo en extensas áreas (Zegers et al., 2006).

Los “pomponales”, como son conocidas las áreas cubiertas por *Sphagnum* sp. por parte de la población local, cumplen funciones importantes como reserva de agua y sumidero de carbono (Domínguez et al., 2012). La sobreexplotación de estas áreas es una forma de degradación de estas comunidades vegetales, lo que resulta muy grave en su calidad de importantes reservorios de carbono y de agua, especialmente en Magallanes y Aysén, debido al área que cubren. Este musgo tiene una gran capacidad de retención de agua, la cual actúa como una esponja que abastece a otras plantas de la comunidad incluyendo arbustos, helechos, hierbas, y árboles en general dispersos (Díaz y Silva, 2012). Es esperable que la remoción de esta esponja afecte la sobrevivencia y crecimiento de otras plantas debido al estrés hídrico durante la estación seca de verano (Urrutia-Jalabert et al., 2018). En comunas como Maullín, Calbuco y Ancud, entre otras, que albergan una gran superficie de suelos ñadi, es común escuchar relatos asociados a la extracción de esta especie y posteriores problemas de disponibilidad de agua en las vertientes y arroyos como fuentes de consumo humano.

La intervención del *Sphagnum* sp. se hace bajo la ley minera, que es la que, erróneamente, autoriza su extracción por considerarlas como turberas, y que su cosecha (más bien explotación) se haga sin ningún límite, control o normas técnicas. Esto llevó al SAG a dictar en 2018 un reglamento para la extracción del *Sphagnum* (Ministerio de Agricultura, 2017), el cual debe ser fiscalizado apropiadamente.

En un contexto de cambio climático, caracterizado por condiciones más secas y calurosas, debería estar prohibida la intervención de turberas, pues son componentes vivos del ecosistema que permiten incrementar su resiliencia y capacidad de adaptación, además de tener el potencial de almacenar grandes cantidades de carbono y metano como gases de efecto invernadero (León y Oliván, 2014).

Figura 3.9 Exportación de *Sphagnum* sp. 1990-2017



FUENTE: INFOR (2010; 2016, 2018a).

3.2.2 Destrucción y deterioro de los bosques nativos

A pesar de las diferencias en el área total de bosque nativo (Cuadro 3.1), las fuentes gubernamentales y académicas muestran tasas importantes de destrucción y degradación del bosque nativo en Chile. Según las cifras oficiales de CONAF, en el período 1999-2016 ha habido una pérdida total de 242.500 ha (promedio 11.500 ha anuales) que han sido reemplazadas principalmente por matorrales, plantaciones forestales y terrenos agropecuarios debido a la acción antrópica (Cuadro 3.4). Otras fuentes han estimado esta pérdida promedio en 23.000 y 19.000 ha al año para el período total que va entre 1986 y 2011 (Miranda et al., 2017; Heilmayr et al., 2016, Cuadro 3.4). Si se suman estas áreas de pérdida a aquellas afectadas por incendios y degradadas anualmente por ganadería, cortas selectivas (floreo) y otras causas informadas por CONAF se llega a un total de 60.000 a 71.000 ha anuales durante las últimas dos o tres décadas. En esta estimación es necesario considerar que probablemente hay un grado de sobreposición entre estos diferentes factores, el cual no ha sido estudiado. Tampoco incluye las áreas en que el bosque nativo ha regenerado desde otros usos del suelo. Es importante considerar la variabilidad inter anual, ya que los incendios pueden aumentar las cifras anuales notoriamente, tal como ocurrió en 2017 en que éstos afectaron a 90.000 ha de bosque nativo. El análisis anterior demuestra como diversas amenazas están impactando fuertemente al bosque nativo y comprometiendo su conservación, y los diversos servicios ecosistémicos que prestan a la sociedad.

Cuadro 3.4 Pérdidas de bosque nativo, áreas afectadas por incendios y degradadas

Fuente	Período	Pérdida total período	Causas principales de pérdida			Área anual de pérdida	Área anual afectada por incendios para el período indicado *	Área anual degradada por ganadería, cortas parciales y otras causas 2001-2010**	Área anual de pérdida + área afectada por incendios + Área degradada
			Sustitución por plantaciones	Reemplazo por matorrales	Habilitación Agropecuaria y otros				
	años	ha	%			ha			
Elaboración Propia a partir de CONAF***	1995- 2016	242.459	40	47	12	11.546	9.752	38.381	59.679
Miranda et al., 2017****	1990-2010	452.017	36	45	19	22.600	10.249	38.381	71.230
Heilmayr et al., 2016	1986-2011	484.000			19.360	11.808	38.381	69.549	

*Promedio anual de bosque nativo afectado por incendios según Estadísticas de CONAF.

**Según CONAF (2016b)

*** Según informes de CONAF identificados en Cuadro 3.5

****La pérdida anual para cada década no coincide con el total dividido por 10, ya que provienen de una serie de áreas de estudio con periodos de tiempo variables, los cuales se han agrupado según la década a la cual correspondan más cercanamente.

Este estudio compila los resultados de 9 estudios que abarcan un 36,5% del área total de las regiones analizadas (Valparaíso a Los Lagos)

3.2.2.1 Pérdida de bosque nativo por sustitución.

Chile central y centro-sur (33° - 43° S) estaba dominado principalmente por bosques naturales y matorrales en el periodo prehispánico. Desde entonces, la pérdida de bosque nativo se ha convertido en el principal cambio de cobertura del suelo en la región, habiéndose reducido en más del 50% de su área original, siendo convertido principalmente a praderas, matorrales, áreas agrícolas y plantaciones forestales (Lara et al., 2012). Estimaciones recientes han determinado que la zona central de Chile habría perdido cerca del 83% de su cobertura original (Salazar et al., 2015). Considerando lo anterior, la excepcional combinación de una alta concentración de especies endémicas y su permanente grado de amenaza, es que este ecosistema ha sido considerado como uno de los 35 hotspot de biodiversidad global (Myers et al., 2000; Mittermeier et al., 2004). Las principales fuerzas subyacentes de cambio de cobertura del suelo desde mediados del siglo XIX han sido grandes incendios de origen antrópico y talas rasas para la expansión de la agricultura y la ganadería promovidas por el Estado en el periodo denominado de colonización Euro-Chilena (Donoso y Lara, 1995; Armesto et al., 2010). En décadas más recientes, uno de los principales factores que incentivaron la pérdida de bosque nativo fue el incentivo para la expansión de plantaciones forestales promovido mediante el decreto de ley 701 el año 1974. Esta política forestal y los incentivos a las plantaciones forestales fueron renovados en democracia, continuando operativos hasta el año 2013 (Lara y Veblen, 1993, Lara et al., 2015). Desde las décadas de 1950s y 1960s la erosión del suelo provocada por la agricultura y la ganadería extensiva propició un escenario favorable para la forestación en áreas consideradas con uso preferentemente forestal (Otero, 2006; Miranda et al., 2017). Si bien con diferentes patrones espaciales y temporales, en las últimas cuatro décadas el centro y centro sur de Chile ha tenido un alto dinamismo de coberturas de bosques naturales (Miranda et al., 2015). Esto ha determinado que el bosque nativo remanente se

concentre principalmente en la Cordillera de los Andes o en fragmentos aislados en la Cordillera de Costa y depresión intermedia compitiendo con otros usos del suelo (Miranda et al., 2015; 2017).

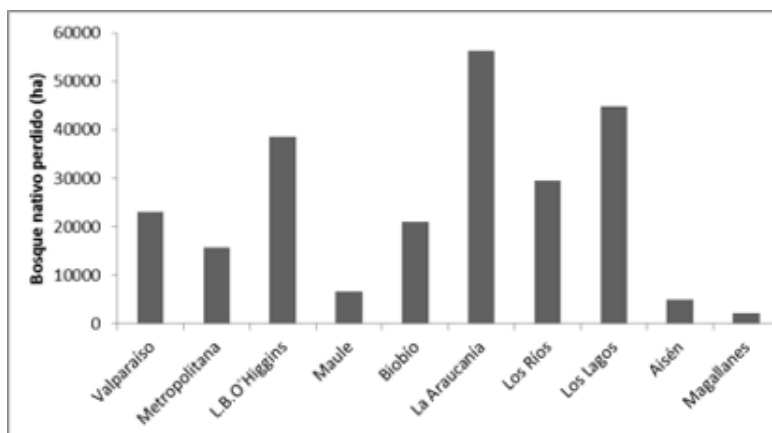
i) Estimación oficial de pérdidas

Como fue mencionado anteriormente, desde que el catastro de vegetación nativa concluyó en 1999, CONAF junto a equipos profesionales de la Universidad Austral de Chile y otras instituciones, ha venido desarrollando el proyecto Monitoreo de Cambios y Actualizaciones del Catastro de Vegetación Nativa para diferentes períodos y regiones (CONAF, 2011, Cuadro 3.5). Estas estimaciones no incluyen el área de bosque nativo perdida o degradada por incendios, tema que se discute en el punto 3.2.2.2. En este capítulo hemos optado por no considerar y restar de las pérdidas el ingreso de nuevas áreas de bosque ya que en su mayoría a renovales jóvenes que han alcanzado los umbrales para ser incluidos en la categoría de bosque nativo. Estos umbrales corresponden a una cobertura arbórea mayor a 10% en algunas regiones, y mayor a 25% en otras, y alturas entre 2 y 4 metros. Por el contrario, las áreas de bosque nativo que se han perdido y que se muestran en el Cuadro 3.5 corresponden a bosques adultos, adulto-renoval y renovales de mayor desarrollo, con una composición, provisión de bienes y servicios ecosistémicos, opciones de manejo y valor de conservación muy superiores. Por otra parte, los períodos de estimación de la disminución del área de bosque nativo varían en forma importante entre regiones (Cuadro 3.5). Para las regiones de La Araucanía, Los Ríos y Los Lagos, la pérdida de bosque nativo fue estimada hasta 2013, mientras que para las regiones del Maule y Biobío lo fue para el 2016 y 2015, respectivamente.

La suma de las pérdidas de bosque nativo, en el período comprendido entre 1999 y 2016, alcanza las 242.459 ha (14.262 ha/año). Este período abarca desde la publicación de los resultados del catastro original en 1999 hasta la actualización más reciente para las regiones del Maule y Biobío, teniendo en cuenta que cada actualización comprende períodos diferentes (Figura 3.10, Cuadro 3.5).

Las mayores pérdidas de bosque nativo se registraron en las regiones de La Araucanía y Los Lagos con 56.285 ha (1993-2013) y 44.794 ha (1998-2013), respectivamente, registrándose las menores en las regiones de Magallanes y Aysén con 2.069 ha (1996-2000) y 4.942 ha (1996-2003), respectivamente (Figura 3.10).

Figura 3.10: Estimación oficial de pérdidas de bosque nativo 1995 -2016



Notas: Cuando existe más de una actualización, se sumaron las pérdidas reportadas para cada período. Nota: La cifra indicada para la región de Biobío incluye la de Ñuble creada en 2018.

FUENTE: Elaboración propia a partir de Informes de Actualización y Monitoreo para las diferentes regiones y Períodos efectuados por CONAF y colaboradores citados en Cuadro 3.5.

Cuadro 3.5 Disminución de superficie (ha) de bosque nativo por sustitución 1995-2016.

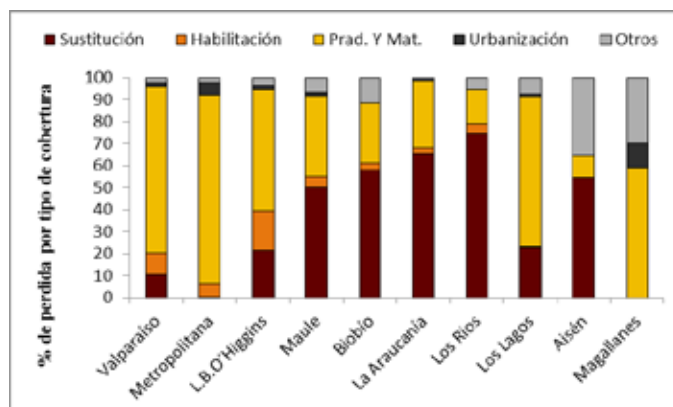
Región	Período		Sustitución		Habilitación		Praderas y Mato- rrales		Urbanización		Otros		Total pérdida	
	Inicio	Final	ha	%	ha	%	Ha	%	ha	%	ha	%	ha	%
Valparaíso	1995	2011	2.382	10	2.251	10	17.458	76	405	2	538	2	23.033	9
Metropolitana	1995	2011	44	0	992	6	13.405	86	893	6	342	2	15.676	6
L.B. O ´ Higgins	1995	2011	8.263	21	6.916	18	21.154	55	704	2	1.470	4	38.505	16
Maule	1998	2006- 2007- 2008- 2016	3.301	50	328	5	2.406	37	100	2	447	7	6.582	3
Biobío y Ñuble	1998	2007- 2008- 2016	12.099	58	690	3	5.750	27	44	0	2.404	11	20.987	9
La Araucanía	1992- 1994	2013	37.007	66	1.206	2	17.380	31	133	0	559	1	56.285	23
Los Ríos	1998	2013	22.047	75	1.313	4	4.550	15	83	0	1.592	5	29.586	12
Los Lagos	1998	2013	10.157	23	204	0	30.455	68	610	1	3.367	8	44.794	18
Aysén	1996	2010	2.701	55	0	0	474	10	35	1	1.732	35	4.942	2
Magallanes	1996	1998- 2003	0	0	0	0	1.219	59	233	11	617	30	2.069	1
Total (ha)	1995	2016	98.001		13.900		114.251		3.239		13.067		242.459	100
(%)			40		6		47		1		5		100	

FUENTE: Elaboración propia a partir de los siguientes informes de CONAF. (1) CONAF, UACH, INFOR. (2001a). Monitoreo y Actualización Catastro de Uso del Suelo y Vegetación. V Región. (2) CONAF, UACH, INFOR (2001b). Actualización Catastro de Uso del Suelo y Vegetación. RM. (3) CONAF, UACH, INFOR (2001c). Monitoreo y Actualización Catastro del Uso del Suelo y Vegetación. VI Región. En (1), (2) y (3) también CIREN-CONAF. (2013). Monitoreo de cambios, corrección cartográfica y actualización del catastro de bosque nativo en las regiones de Valparaíso, Metropolitana y Libertador Bernardo O'Higgins. Santiago, Chile. (4) CONAF, UACH (2000). Monitoreo y Actualización de la información de uso actual del suelo en la región del Maule CONAF, (2018a). Monitoreo de cambios, corrección cartográfica y actualización del catastro de los recursos vegetacionales nativos de la región del Maule (5) CONAF, UACH, CONAMA (2009a). Monitoreo de Cambios, Corrección Cartográfica y Actualización del Catastro de Bosque Nativo en la VIII Región del Biobío y CONAF, (2017b). Monitoreo de cambios, corrección cartográfica y actualización del catastro de los recursos vegetacionales nativos de la región de Biobío (6) CONAF, UACH, CONAMA (2009b). Catastro del Uso del Suelo y Vegetación Monitoreo y Actualización. Región de La Araucanía y UACH-UFRO. (2014). Monitoreo de Cambios, Corrección Cartográfica y Actualización del Catastro de los Recursos Vegetacionales Nativos de la región de La Araucanía. Valdivia, Chile. (7) CONAF, UACH,

CONAMA (2008a). Catastro de Uso del Suelo y Vegetación Monitoreo y Actualización, Región de Los Ríos y UACH-CONAF. (2014). Monitoreo de Cambios, Corrección Cartográfica y Actualización del Catastro de los Recursos Vegetacionales Nativos de la región de Los Ríos. Valdivia, Chile. (8) CONAF UACH, CONAMA (2008b). Catastro del Uso del Suelo y Vegetación Monitoreo y Actualización, Región de Los Lagos. y UACH-CONAF. (2014a). Monitoreo de Cambios, Corrección Cartográfica y Actualización del Catastro de los Recursos Vegetacionales Nativos de la región de Los Lagos. Valdivia, Chile. (9) CONAF, UACH, CONAMA (2006). Monitoreo y Actualización Catastro del Uso del Suelo y Vegetación, Región de Magallanes y La Antártica Chilena. (10) CONAF, UACH (2012). Monitoreo de Cambios, Corrección Cartográfica y Actualización del Catastro de Bosque Nativo en la XI Región de Aysén,

Según cifras oficiales, los mayores contribuidores a la pérdida de bosque nativo en el período 1999-2016 han sido su transformación a praderas y matorrales (47% del total), y sustitución por plantaciones forestales (40%), seguidos de la conversión hacia terrenos de uso agrícola (6%, Cuadro 3.5, Figura 3.11). Estos resultados son consistentes con los aportados por estudios anteriores (Lara y Veblen, 1993; Lara et al., 1996; Armesto et al., 2010; Lara et al., 2011; Heilmayr et al., 2016; Miranda et al., 2017). El detalle por región y diferentes contribuidores se observan en el Cuadro 3.5 y Figura 3.11.

Figura 3.11: Pérdida regional de bosque nativo en el período 1995 -2016



Nota: La cifra indicada para la región de Biobío incluye la de Ñuble creada en 2018.

FUENTE: Proyecto Monitoreo de Cambios y Actualizaciones del Catastro

ii) Otras estimaciones de pérdida de bosques en el período 1975 - 2010

En paralelo al sistema de monitoreo nacional forestal, se han realizado numerosos estudios de los cambios en la cobertura de bosque nativo en Chile. Dichos estudios realizados entre 2009 y 2016 han utilizado una metodología común y sostenida en el tiempo. Esta se basa en el análisis y clasificación de la vegetación a partir de imágenes satelitales de diferentes fechas y verificaciones de terreno, metodología que es distinta a la aplicada por CONAF.

Esta metodología es la base para que sus resultados sean altamente confiables y comparables entre estudios y períodos. Estos estudios cubren el período 1975- 2010 y han sido desarrollados por investigadores nacionales y extranjeros y han originado numerosos artículos científicos.

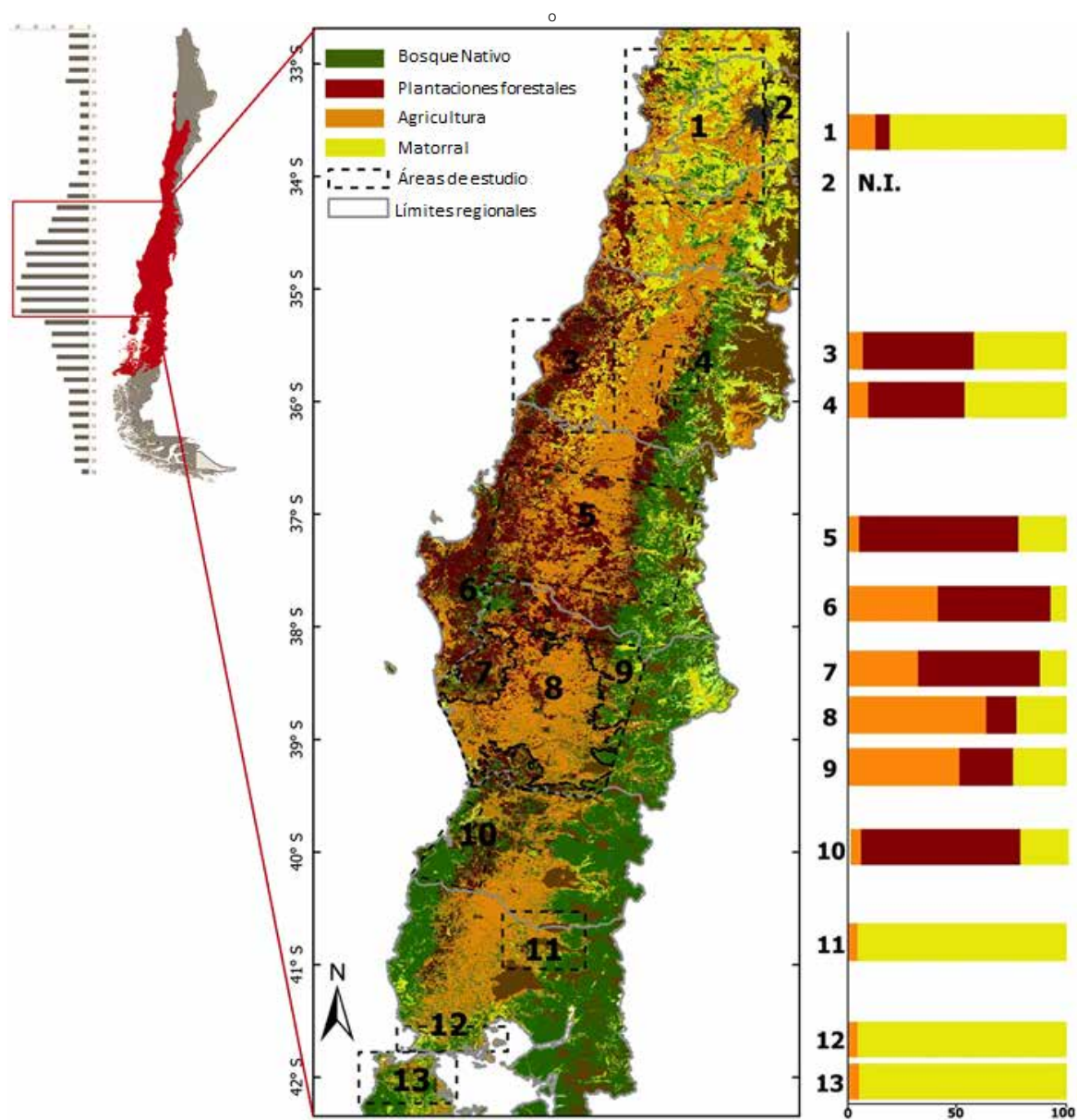
Miranda et al. (2017) compilan los resultados de 9 estudios sobre pérdida de bosque nativo, los cuales utilizaron una metodología homogénea basada en imágenes satelitales entre las regiones de Valparaíso y Los Lagos, la que equivale al 36.5% de la superficie terrestre de estas regiones (Figura 3.12). Los artículos publicados que reportan los resultados de estos estudios son: Aguayo et al. (2009); Echeverría et al. (2006, 2012); Altamirano y Lara, (2010); Schulz et al. (2010); Altamirano et al. (2013); Vergara et al. (2013); Miranda et al. (2015, 2017), y Zamorano-Elgueta et al. (2015).

La compilación de los resultados de diversas investigaciones para 13 áreas de estudio entre las regiones de Valparaíso y Los Lagos revela una pérdida bruta y neta de bosque nativo de 891.000 ha y 782.000 ha, respectivamente, entre 1975 y 2010. La pérdida bruta corresponde al área total de bosques que se transformó en otros usos del suelo y la neta es la diferencia entre la pérdida bruta y el ingreso de nuevos bosques (renovales). Estas pérdidas representan el 21,5% y 19% del área total de bosques al inicio del período de cada estudio (4,1 millones de ha) (Miranda et al., 2017; Figura 3.12, Cuadro 3.6).

Otro estudio desarrollado por Heilmayr et al. (2016) desde la región de Valparaíso a Los Lagos, basado en el análisis y clasificación de imágenes satelitales, reporta una pérdida bruta de 484.000 ha de bosque nativo entre los años 1986 y 2011.

Miranda et al. (2017) estimaron que la mayor pérdida anual de bosque nativo se observó entre los años 1975-1990 (27.715 ha). Para el período 1990-2000 la pérdida anual se redujo a 15.134 ha para volver a aumentar en la década 2000-2010 a 19.424 ha. Estas pérdidas de bosque dependen del número de áreas de estudio y extensión de éstas, pero revelan que, a diferencia de lo que frecuentemente se comenta, la deforestación sigue siendo un tema grave en Chile. Esto se debe a las presiones por habitación de terrenos agrícolas, cuyo ejemplo extremo está en las regiones de L.B. O´ Higgins y Valparaíso (Cifras oficiales de CONAF, Cuadro 3.5), y la sustitución de bosque nativo por plantaciones forestales en la región de La Araucanía (Miranda et al., 2015, Figura 3.12).

Figura 3.12 Distribución geográfica de las áreas de estudio y contribución a la pérdida de bosque nativo. El gráfico de la izquierda muestra el número relativo de especies de plantas vasculares por grado de latitud



FUENTE: Miranda et al. (2017).

Cuadro 3.6. Pérdidas de bosque nativo en el período 1975-2010 por sustitución en las áreas de estudio de la Figura 3.12.

Periodo	Número de áreas de estudio	Área de bosque estudiada (ha)	Pérdida anual de bosque (ha)	Habilitación	Sustitución	Matorral	Total
1975-1990	6	1.527.935	27.715	102.598	183.872	152.650	439.120
1990-2000	12	1.431.795	15.134	44.288	87.047	117.232	248.567
2000-2010	10	1.177.471	19.424	39.518	76.897	87.035	203.450
TOTAL		4.137.201		186.404	347.816	356.917	891.137

FUENTE: Miranda et al. (2017).

La pérdida anual para cada década no coincide con el total dividido por 10, ya que provienen de una serie de áreas de estudio con períodos de tiempo variables, los cuales se han agrupado según la década a la cual correspondan más cercanamente.

Estas estimaciones corresponden al 36,5% del área total de las regiones de Valparaíso a Los Lagos.

Para todas las áreas de estudio analizadas en el período 1990-2010, el cambio de bosque nativo a matorrales es el principal contribuidor al cambio, dando cuenta del 47% de la pérdida de bosque nativo. Esto seguido de la sustitución por plantaciones (33%) y habilitación para uso agrícola y praderas (20%). El cambio a matorrales se concentra principalmente en las regiones de Valparaíso, Metropolitana y de Los Lagos (Miranda et al., 2017 Figura 3.12). Entre la región del Maule y la costa de la región de La Araucanía y de Los Ríos, las plantaciones forestales representan el principal uso del suelo al que han sido convertidos los bosques nativos (Miranda et al., 2017, Figura 3.12). Un patrón similar es reportado por Heilmayr et al. (2016) quienes encontraron que, para las regiones de Maule, Biobío y La Araucanía las plantaciones forestales son el principal uso del suelo al que han sido convertidos los bosques nativos en el período 1986-2011.

La significativa pérdida de bosque nativo reportada por Miranda et al. (2017) y Heilmayr et al. (2016) entre las regiones de Valparaíso a Los Lagos durante las últimas décadas, puede explicarse por la alta concentración de población y actividades económicas. Dicha área alberga el 79% de las áreas urbanas e industriales del país, el 94% de la agricultura y el 98,7% de las plantaciones forestales de especies exóticas (principalmente *Pinus radiata* y *Eucalyptus* spp). Además, en esta zona se concentran los incendios forestales (analizados más adelante).

iii) Estimación de Pérdidas de bosque 2001-2016

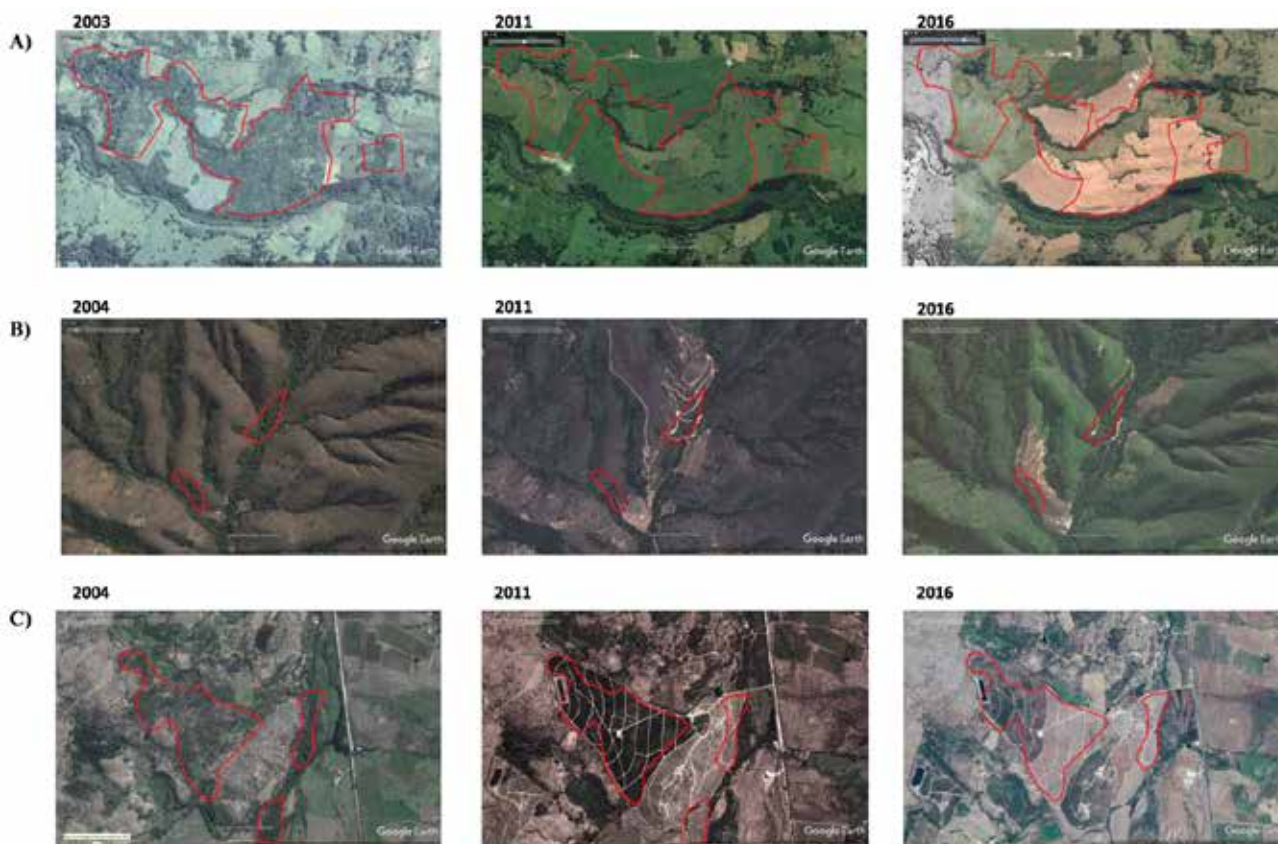
En este informe, se presentan por primera vez los resultados de un estudio actualmente en curso (Altamirano et al., en preparación) que analiza las pérdidas anuales de cobertura boscosa a partir de una base de datos global de libre acceso, entre los años 2000 y 2016. En este estudio se desagregó la pérdida de cobertura boscosa entre aquella correspondiente a bosques naturales y plantaciones forestales, usando un método colaborativo de interpretación visual aumentada en el hotspot de biodiversidad de Chile distribuido entre las regiones de Coquimbo a Aysén). Para ello, se utilizaron las coberturas de pérdida de bosque para cada año en el período 2001 a 2016, según los mapas generados por Hansen et al. (2013). Se implementó un muestreo aleatorio en los parches que habían perdido su cobertura forestal (esto incluye plantaciones y bosque nativo) y se hizo una consulta a expertos quienes diferenciaron la cobertura del suelo antes de la pérdida y en el año final de evaluación. (Altamirano et al., en preparación). El muestreo consideró el apoyo de las herramientas "Open Foris Collect" y "Collect Earth" (Bey et al., 2016), ambas de uso libre. La muestra total obtenida a partir de la base de datos de Hansen et al. (2013) fue de 1,200 parches donde se reportaba pérdida de cobertura forestal, y esta información y cartografía correspondiente fue distribuida a expertos para su consulta y evaluación. Como resultado de esta consulta, 204 parches de la muestra correspondían a pérdida de bosque nativo y cambio de cobertura de suelo. El resto de los parches eran plantaciones forestales que habían sido cosechadas o afectadas por incendios.

Para cada uno de estos parches se identificó el o los tipos de procesos que determinaron la pérdida de bosque nativo entre los años 2001 y 2016: tala rasa, incendio, corta selectiva (floreo), sustitución por infraestructura y disturbios naturales, tales como erupciones volcánicas. También se determinó la cobertura final y a su vez determinaron la cobertura final de las áreas deforestadas (e.g. suelo desnudo o áreas desprovistas de vegetación, praderas, matorrales, cultivos, zonas urbanas, plantaciones forestales y bosques nativos). (Figura 3.18). El resto de los parches eran plantaciones forestales que habían sido cosechadas o afectadas por incendios.

Las Figuras 3.13 y 3.14 muestran ejemplos de los parches de bosque que siguieron diferentes trayectorias de cambio de uso del suelo entre 2001 y 2016.

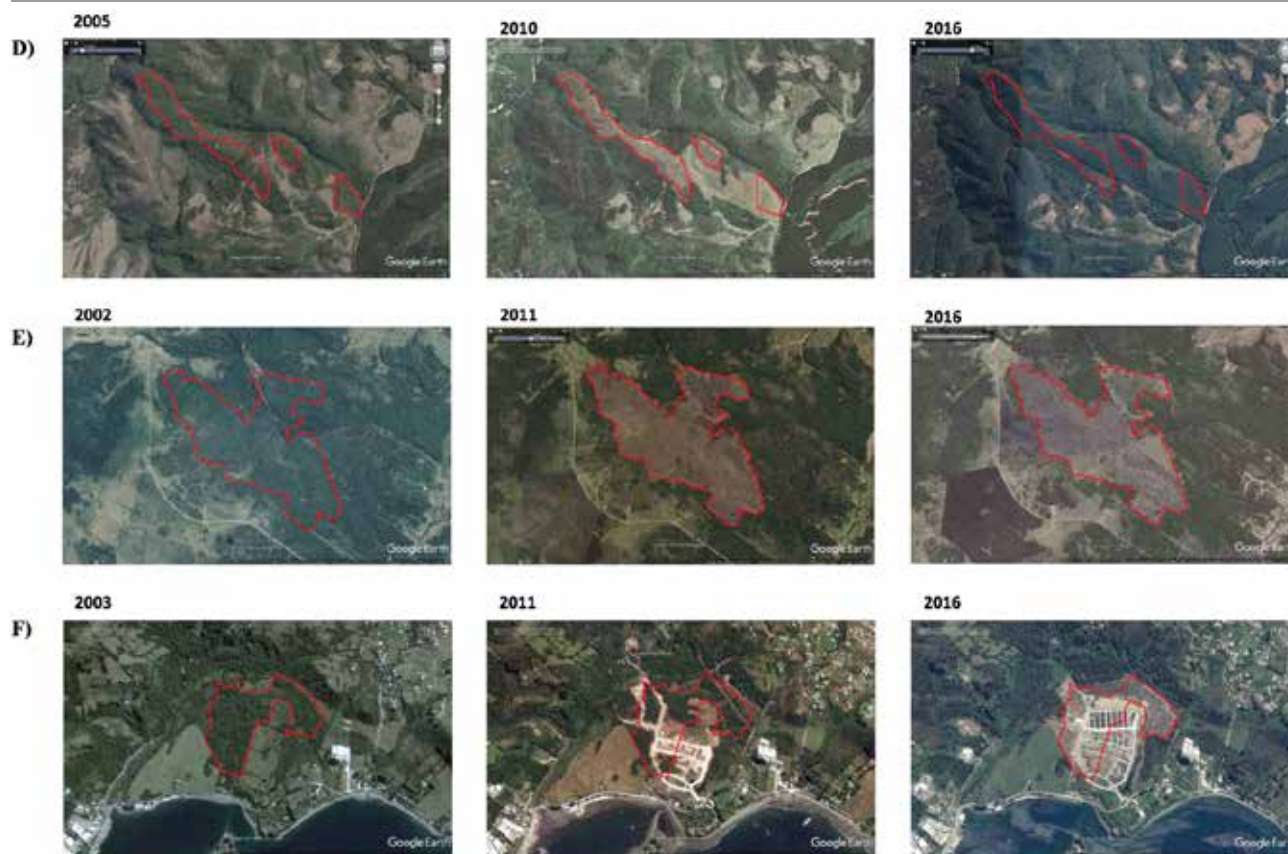
Los resultados muestran una amplia distribución geográfica de la pérdida de bosque nativo entre las regiones de Coquimbo y Aysén (Figura 3.15). Esta pérdida continúa ocurriendo hasta el año final de evaluación (2016), con una clara tendencia al aumento durante todo el período analizado (Figura 3.16). Los principales puntos máximos de pérdida de bosque nativo se observan en los años 2008, 2012 y 2015.

Figura 3.13. Imágenes Google Earth que muestran trayectorias de pérdida de bosque nativo hacia otras coberturas de suelo: A) Cultivos agrícolas tradicionales: cereales (Los Lagos, comuna Río Bueno), B) Cultivos agrícolas: paltos (Valparaíso, comuna La Ligua), C) Cultivos agrícolas: paltos (Coquimbo, comuna Illapel)



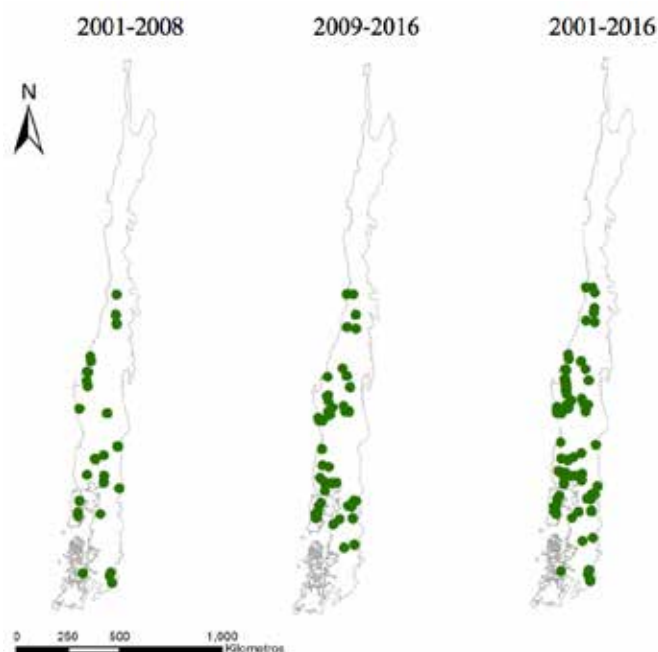
FUENTE: Altamirano et al. (en preparación), desarrollado a partir de base de datos global de Hansen et al. (2013) y consulta y evaluación de expertos.

Figura 3.14. Imágenes Google Earth que muestran trayectorias de pérdida de bosque nativo hacia otras coberturas del suelo: D) Plantaciones forestales (Araucanía, comuna Carahue, E) Plantaciones forestales (Los Lagos, comuna Puerto Montt), f) Infraestructura (Los Lagos, comuna Puerto Montt).



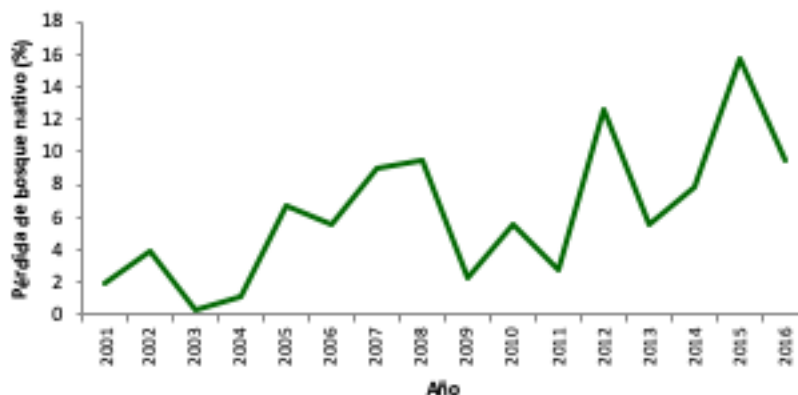
FUENTE: Altamirano et al. (en preparación), desarrollado a partir de base de datos global de Hansen et al. (2013) y consulta y evaluación de expertos).

Figura 3.15 Distribución espacial de los 204 fragmentos en que se detectó pérdida de bosque nativo hacia otras coberturas de suelo entre el año 2001 y 2016.



FUENTE: Altamirano et al. (en preparación), desarrollado a partir de base de datos global de Hansen et al. (2013) y consulta y evaluación de expertos.

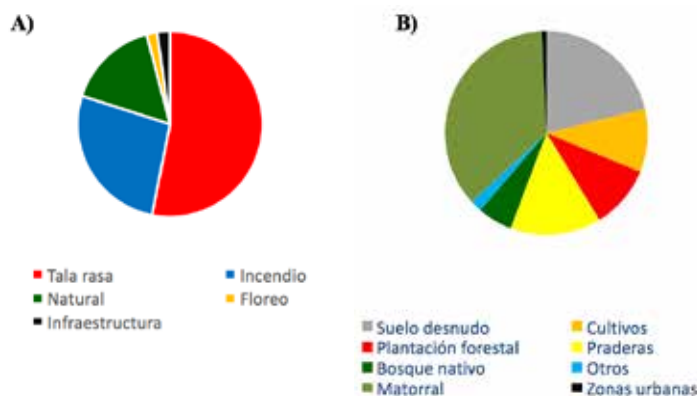
Figura 3.16. Porcentaje de los 204 fragmentos en que se detectó pérdida de bosque nativo hacia otras coberturas de suelo entre el año 2001 y 2016.



FUENTE: Altamirano et al. (en preparación), desarrollado a partir de base de datos global de Hansen et al. (2013) y consulta y evaluación de expertos.

En orden decreciente, las pérdidas de bosque nativo se encuentran asociadas a tala rasa (53,2%), definida como una pérdida completa de la vegetación arbórea, incendios (26,8%), independiente de la severidad del incendio y el estado posterior del bosque, disturbios naturales dominados por remoción en masa y volcanismo (16%), urbanización (2,2%), representado por caminos y zonas residenciales, y corta selectiva (1,9%) que representa una pérdida parcial de la cobertura de bosque (Figura 3.17). Por otro lado, los principales usos del suelo que han surgido con posterioridad al reemplazo del bosque nativo corresponden a matorrales (36,1%), suelo desnudo (21,2%), praderas (14,5%), plantaciones forestales (10%) y cultivos (10%) (Figura 3.17). El suelo desnudo (terrenos desprovistos de vegetación), representa la segunda mayor proporción de cobertura post deforestación, y constituye comúnmente un estado transitorio (aproximadamente uno o dos años) posterior a la pérdida de bosque nativo. Es decir, la dinámica de este tipo de cambio luego de permanecer como suelo desnudo produce normalmente una transformación de estas áreas en plantaciones forestales o áreas destinadas a usos agrícolas.

Figura 3.17 Importancia de los procesos de pérdida de bosque nativo entre 2001 y 2016 en los 204 fragmentos estudiados. B) Coberturas de suelo hacia los cuales cambiaron estos fragmentos.



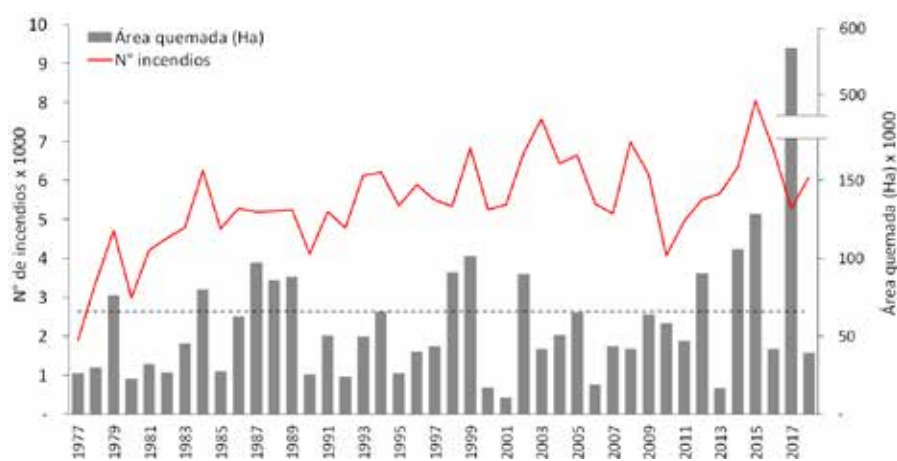
FUENTE: Altamirano et al. (en preparación), desarrollado a partir de base de datos global de Hansen et al. (2013) y consulta y evaluación de expertos.

Los resultados que aquí se presentan corresponden a un estudio en proceso (Altamirano et al., en preparación) que demuestran el potencial del diseño metodológico empleado para estimar las tasas de pérdidas de bosque nativo, debido a diferentes procesos. Esto mediante la vinculación de bases de datos globales como la de Hansen et al. (2013), con el conocimiento experto en Chile. Se espera que este estudio permita en el futuro estimar el área y tasa de pérdida total de bosque nativo a través de modelamiento a partir de muestras de parches.

3.2.2.2 Incendios

En el contexto de las últimas cuatro décadas (1976-2018) el número promedio anual de incendios y área quemada alcanzan 5.445 eventos y 65.801 ha, respectivamente (Figura 3.18). La mayor ocurrencia de incendios se concentra entre las regiones de Valparaíso y Araucanía, principalmente en la cordillera de la costa (Figura 3.19). En la última década la ocurrencia total de incendios ha aumentado consistentemente alcanzando en la temporada 2014-2015 el máximo histórico con más de 8.000 eventos (Figura 3.18). Similarmente, las temporadas de incendio 2013-14 y 2014-15 sobresalieron del promedio histórico por la extraordinaria superficie quemada. En estas dos temporadas se quemaron en conjunto alrededor de 250.000 ha. Sin embargo, la temporada 2016-17 batió todos los registros superando en 10 veces el promedio histórico quemado (54.500 ha/año) entre 1976-77 y 2015-16. Durante esa temporada (2016-17) la superficie quemada alcanzó 570.197 ha (Figura 3.18).

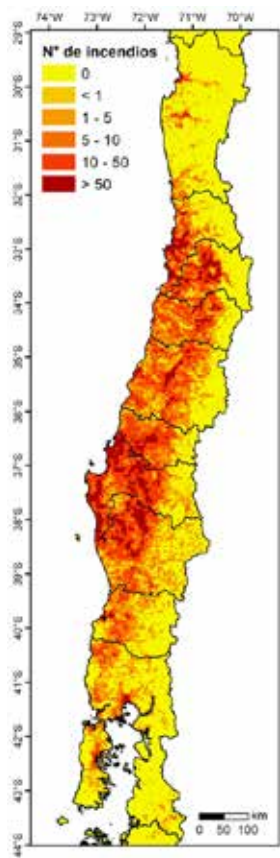
Figura 3.18 Número de incendios (línea) y área quemada (barras) entre las temporadas de incendio 1976-77 (indicada como 1977) y 2017-2018 (indicada como 2018). La línea horizontal representa el promedio quemado anualmente (65.801 ha) en el periodo



FUENTE: Elaboración propia a partir de estadísticas de incendios de CONAF

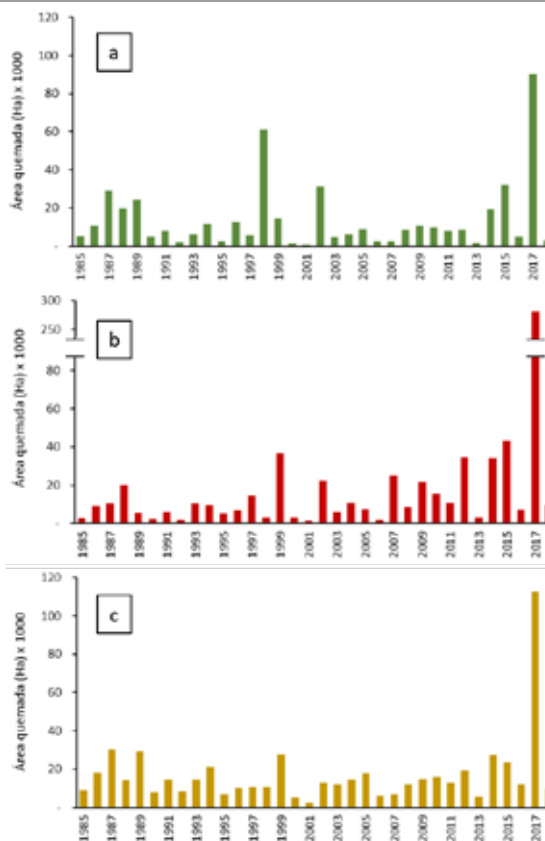
El área quemada tiene una alta variabilidad interanual, tanto para el total como por tipo de vegetación (Figura 3.18, 3.20). El promedio del área quemada para el periodo 1985-2018 (para el cual existen registros espaciales de los incendios, así como los tipos de vegetación quemada y las causas de los incendios) es de 13.869, 16.945 y 20.318 ha/año para bosque nativo, matorral y plantaciones, respectivamente. Estas cifras incluyen desde las regiones de Valparaíso a Los Lagos (Figura 3.20). En cuanto a las plantaciones forestales se observa una tendencia de aumento en la superficie quemada durante la última década (2010-2018; Figura 3.20). Este patrón se ve claramente reflejado al analizar la evolución de la superficie quemada de los distintos tipos de cobertura de vegetación donde se aprecia que las plantaciones han aumentado en términos relativos el área afectada por incendios (Figura 3.21). Considerando el último periodo (2010-2018), las plantaciones representan el principal tipo de cobertura vegetal afectada por incendios con más del 40% del área quemada (Figura 3.21).

Figura 3.19 Distribución geográfica de los incendios ocurridos entre 1985 y 2018



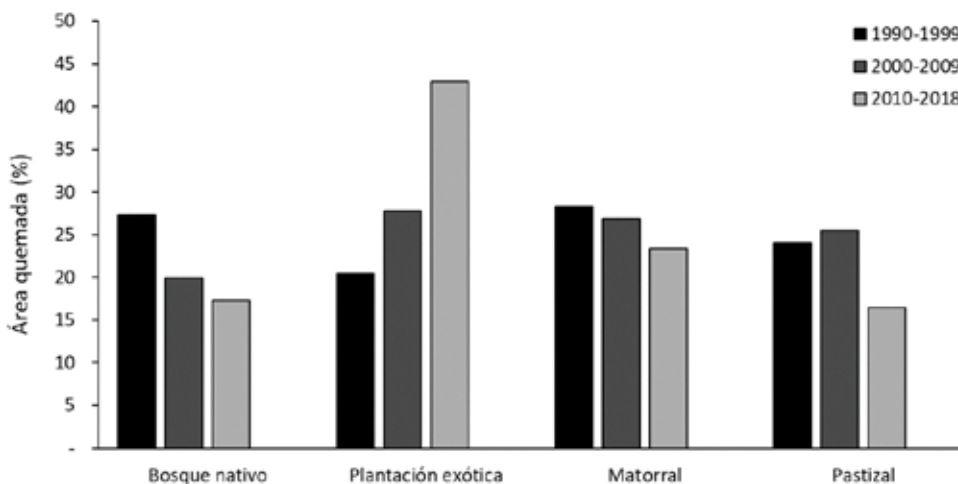
FUENTE: Elaboración propia a partir de estadísticas de incendios de CONAF

Figura 3.20 Evolución temporal del área quemada para las principales coberturas de vegetación (a) bosque nativo, (b) plantaciones y (c) matorral para las temporadas 1984-85 al 2017-18



FUENTE: Elaboración propia a partir de estadísticas de incendios de CONAF

Figura 3.21. Cambio del área quemada relativa (como porcentaje respecto del total) de los principales tipos de cobertura vegetal durante las últimas décadas.



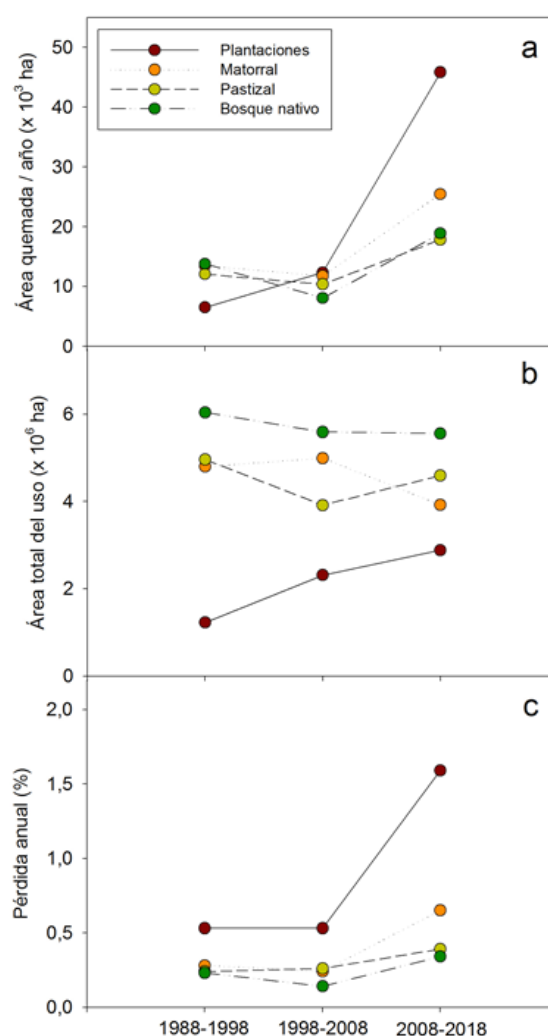
FUENTE: Elaboración propia a partir de estadísticas de incendios de CONAF

Consistentemente la importancia relativa de las plantaciones forestales en el área quemada aumentó en el período 2010 – 2018 con respecto a 1990-1999, mientras que todas las otras categorías de vegetación han disminuido su importancia relativa (Figura 3.21).

Si se dividen las últimas tres décadas en tres periodos equivalentes, el área quemada promedio de las plantaciones forestales se ha incrementado fuertemente, en especial en el último periodo (2008-18) donde se triplicó (Figura 3.22). Por su parte, el área cubierta por plantaciones forestales ha tenido un aumento sostenido en las últimas tres décadas, mientras el bosque nativo y los matorrales han disminuido según las estimaciones de Heilmayr et al. (2016) y los pastizales han variado poco (Figura 3.22).

El aumento del área de plantaciones afectada por incendios no es proporcional al incremento en el área de este uso del suelo en las últimas dos décadas. En el período 1998 a 2008 los incendios afectaron anualmente a un 0,5% del área total de plantaciones, mientras que en el período 2008-2018 dicha cifra aumentó a un 1,5%. Para los otros usos del suelo estos indicadores que eran cercanos a 0,25% en el período 1998-2008 aumentaron a 0,4% para bosques nativos y pastizales y a 0,6% en el caso de los matorrales para el período 2008-2018 (Figura 3.22). Estos resultados son una evidencia de que las plantaciones se han vuelto cada vez más propensas a los incendios, en comparación con otros usos del suelo (McWethy et al., 2018; González et al., 2018).

Figura 3.22 Área quemada según categoría de uso de suelo y cobertura vegetal en las últimas tres décadas en las regiones de Valparaíso y Los Lagos



Panel c

Nota: Panel a: Fuente: Elaboración propia a partir de estadísticas de incendios de CONAF;

Panel b: Fuente: Área por uso de suelo según Heilmayr et al. (2016) para 1986, 2001, 2011. Panel c) área quemada anualmente / área total del respectivo uso del suelo * 100 calculado con datos de las dos fuentes anteriores.

Durante las últimas dos décadas las causas de los incendios han cambiado ligeramente, siendo el factor humano el principal responsable de su ocurrencia (Figura 3.23). Para el periodo 2010-2018, las causas de tipo accidental e intencional explican más del 90% de los incendios. Los incendios accidentales han representado históricamente más del 50%, siendo las faenas agrícolas y forestales, actividades de recreación, y el tránsito y transporte las principales causas. Esta última causa (tránsito y transporte) aumentó de un 20% a un 34% durante ambos periodos. En el caso de los incendios intencionales, éstos se han incrementado desde un 29% a 36% entre 2000-2009 y 2010-2018. Los incendios ocasionados por causas naturales representan menos del 1%, y no han experimentado ninguna variación. Incendios sin determinación de la causa de origen disminuyeron del 17% al 5% en el último periodo (Figura 3.23). Probablemente una importante proporción de estos incendios no determinados corresponden a causas humanas.

Figura 3.23 Causas de incendios y su evolución en las últimas dos décadas (2000-2009 y 2010-2018)

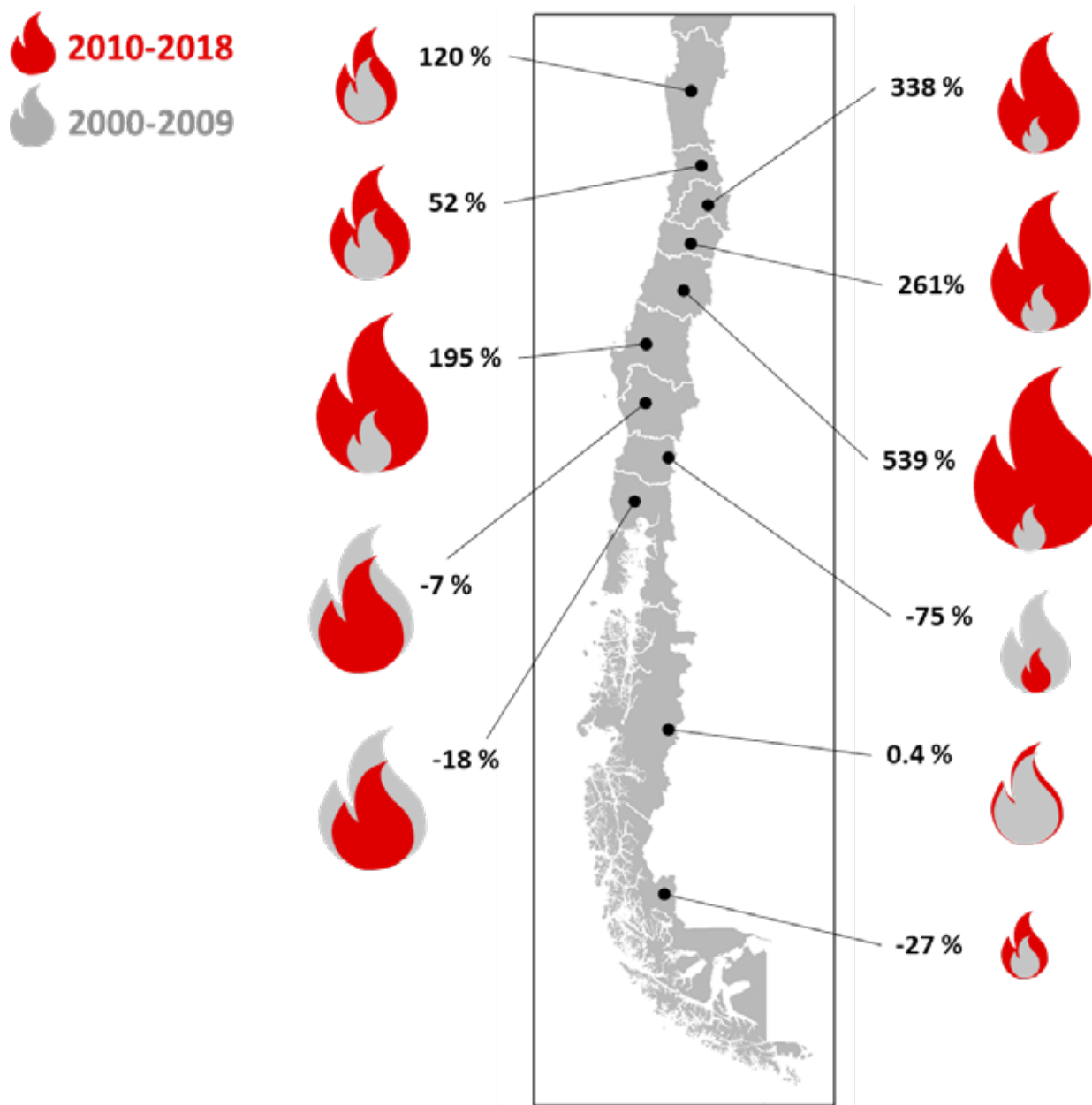


FUENTE: Elaboración propia a partir de estadísticas de incendios de CONAF

Durante el periodo 2010-2018 la zona centro-sur de Chile ha experimentado una intensa y prolongada sequía definida como mega-sequía (CR2, 2015), la que ha tenido un fuerte impacto en el régimen de incendios. La mayor extensión de la temporada, simultaneidad y duración de los incendios han tenido por consecuencia un fuerte incremento en el área total quemada y el tamaño de los incendios en la zona centro-sur de Chile (González et al., 2018). Al comparar el área quemada de bosque nativo entre el periodo 2000-2009 y 2010-2018, se observa un significativo aumento de la superficie quemada de bosque nativo entre las regiones de Coquimbo y Biobío (Figura 3.24), destacando la región del Maule con 539%.

Finalmente es importante destacar que los mega-incendios, afectaron a un total de 90.000 hectáreas de bosques nativos (Figura 3.20), cifra que representa 6,5 veces el promedio histórico entre 1985 a 2018 (13.900 ha anuales). En el caso de la región del Maule más de 200.000 ha totales fueron afectadas por incendios en 2017, de las cuales alrededor de 50.000 ha correspondían a bosques nativos y matorrales (CONAF 2017a). Estos bosques incluyen los escasos y fragmentados parches de *Nothofagus glauca* (hualo) y *Nothofagus alessandri* (ruil). Ambas especies son endémicas de Chile y *N. alessandri* está catalogada como Monumento Natural y clasificada nacional e internacionalmente como una especie en peligro de extinción.

Figura 3.24 % de incremento de la superficie de bosque nativo quemado en 2010-18 con relación al 2000-09



Notas: El porcentaje indica el aumento (o disminución) del área quemada de bosque nativo durante la megasequía (2010-2018) respecto del periodo 2000-2009. Los límites en el mapa y estadísticas de incendios mostrados para la región del Biobío incluyen a la región del Ñuble creada en 2018.

FUENTE: Elaboración propia a partir de estadísticas de incendios de CONAF

Recuadro 3.1 El incendio de Cochrane (Aysén) como ejemplo de cambio en el régimen de incendios en la Patagonia

El mega-incendio que afectó la comuna de Cochrane el verano del año 2019 ($47^{\circ}22'37''\text{S}$ - $72^{\circ}52'31''\text{O}$) puso en evidencia la extrema vulnerabilidad de la Región de Aysén frente a este tipo de catástrofes. Las causas se atribuyen a condiciones climáticas extremas (temperatura, humedad relativa del aire) y negligencia de terceros, factores que históricamente explican parte importante de los incendios forestales del país. A inicios del mes de febrero gran parte del centro-sur de Chile tuvo temperaturas sobre los 33°C como consecuencia de un intenso centro de alta presión sobre el extremo sur del continente. Esto derivó en temperaturas excepcionalmente cálidas en las regiones de Los Lagos, Aysén y Magallanes (Garreaud 2019). Una de las probables causas que originó el incendio en el área en que confluyen los ríos Colonia y Baker (aprox. a 25 km al oeste de la ciudad de Cochrane) fue la negligencia en el manejo de las cenizas de una cocina a leña. El incendio estuvo activo durante casi tres semanas y generó un notable impacto en el paisaje, afectando sobre 15.000 ha, uno de los incendios más graves por su extensión de las últimas décadas en la Región de Aysén y del país. Mientras en la zona centro y centro-sur del país la extensa superficie de plantaciones de monocultivos forestales establecidos en altas densidades representa un alto riesgo por incendios de difícil control dada la homogeneidad de combustible (densas plantaciones monoespecíficas y coetáneas de coníferas y eucaliptos), en Patagonia los ecosistemas afectados correspondieron principalmente a bosques nativos y estepa andina.

La compleja topografía y las condiciones climáticas adversas explicarían la extensión de la superficie afectada. Los primeros dos días (04-05 feb) el incendio no superaba las 100 ha, pero luego éste tuvo un notable aumento de su intensidad, alcanzando sobre las 2.000 ha de superficie al tercer día, y 5.200 ha al quinto día de iniciado este mega-incendio. Este explosivo incremento se explica principalmente por los intensos vientos (sobre 90-120 km/hora). Cabe destacar que el incendio estuvo a 5 km de la ciudad de Cochrane, ciudad que presenta parte importante de su perímetro rodeado por 500 hectáreas de plantaciones de varias especies de pino. Si el incendio hubiese alcanzado estas plantaciones, es probable que se hubiese generado un impacto similar al que afectó al poblado de Santa Olga, el cual fue destruido completamente por los incendios del verano del año 2017 en la zona central del país. Este asentamiento de 2.500 personas estaba inmerso en un paisaje dominado por plantaciones densas de pino que colindaban directamente con el área urbana, sin contar con un perímetro libre de plantaciones que sirviera como cortafuegos.

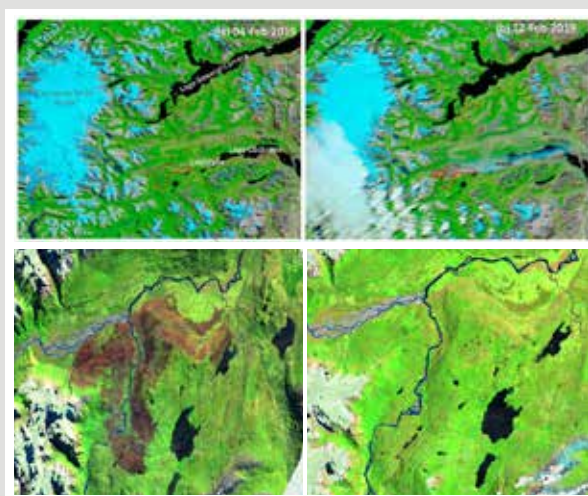


FIGURA 1. Imágenes del satélite Aqua-MODIS (imágenes a y b) y Landsat 8 (imágenes c y d) (NASA) del área afectada por el mega-incendio en la comuna de Cochrane Región de Aysén.

Los paneles (a) y (b) corresponden a una superposición de bandas (2-7-11) que permite distinguir entre vegetación quemada (color rojo), vegetación no afectada (color verde), cuerpos de agua (negro) y hielo (celeste). Paneles (c) y (d) muestran el área del incendio a una escala más detallada. Las imágenes del 4 de febrero son previas al inicio del incendio (a y c), mientras que las del 12 de febrero muestran el incendio en desarrollo (b y d). (representación falsocolor). Fuente: Modificado de Garreaud (2019) por Alejandro Miranda. Esta tragedia ambiental debiese constituir una señal de alarma y motivar la implementación de las medidas de prevención y una mayor capacidad de respuesta en la Región de Aysén. Por ejemplo, un plan de prevención y planificación que permita enfrentar de mejor manera las anomalías climáticas, así como también asegurar una respuesta adecuada en términos de tiempo y recursos frente a este tipo de eventos. De lo contrario, el patrimonio natural que representa la Patagonia se verá constantemente expuesto a las azarosas circunstancias climáticas y sociales, a la espera, como lo mencionó el Ministro de Agricultura, de que “las lluvias de otoño terminen de extinguirlo (en relación al incendio de Cochrane)”. Ello es extremadamente preocupante, por cuanto la región de Aysén concentra 30% de los bosques nativos de Chile (Cuadro 3.1). Esto junto con albergar la mayor área de bosques primarios no intervenidos o escasamente intervenidos del país, como lo sugiere una reciente investigación sobre ecosistemas forestales prístinos (Astorga et al., 2019), y que más de la mitad del área de la región está incluida dentro de alguna categoría del SNASPE, reconociendo su importancia para la conservación.

3.2.2.3 Degradación de los bosques nativos

A nivel global se han propuesto diversas definiciones de degradación con diferentes propósitos (Lund, 2009); desde aquellas muy generales hasta definiciones enfocadas específicamente en productividad, biomasa o diversidad biológica (FAO, 2011). La degradación de ecosistemas forestales es un proceso complejo de definir, evaluar y monitorear. Un bosque degradado puede definirse como aquel que producto de la intervención antrópica ha sufrido una pérdida de estructura y de funciones significativas. Es importante destacar el carácter antropocéntrico de esta definición, ya que, eventos naturales como caída de árboles por viento o deslizamientos, entre otros, forman parte de la dinámica natural de los ecosistemas, por lo cual no podrían considerarse como factores de degradación, y los ecosistemas afectados como degradados.

Los factores de degradación más comunes en los ecosistemas forestales del país corresponden a la sobreexplotación por corta de parte de los árboles (floreo) y a la ganadería. En Chile, existe una escasa implementación de sistemas silvopastoriles, siendo muy común la apertura desorganizada del dosel forestal para generar una mayor luminosidad que permita a su vez una mayor producción de forraje (incluso a través de la siembra de especies forrajeras). Es, por tanto, una “ganadería forestal” más que una actividad silvopastoril, la cual no considera regulación ni control alguno para balancear y compatibilizar la producción ganadera con la forestal. Los bosques son utilizados como fuente de forraje y refugio para el ganado, en particular en los meses de invierno, correspondiendo a una práctica extendida por todo el país, incluyendo la Patagonia. Se ha reportado el impacto que la ganadería produce en los ecosistemas forestales, principalmente en el establecimiento de la regeneración forestal, lo que ha derivado en la disminución de la riqueza de especies y densidad de dicha regeneración y del sotobosque, comprometiendo la integridad de estos ecosistemas en el futuro. Esto ha sido bien documentado para los bosques siempreverdes de la Cordillera de la Costa de la región de Los Ríos (Zamorano-Elgueta et al., 2014). Similares resultados se han obtenido en la Cordillera de la Costa y de los Andes de las regiones de Los Ríos y de Los Lagos (Zamorano-Elgueta et al., en preparación), afectando incluso la regeneración de *Araucaria araucana* al influir en la cantidad y calidad de su regeneración, con una menor densidad de plántulas y brinzales los cuales prácticamente en su totalidad corresponden a rebrotes vegetativos (reproducción asexual no por semillas, Zamorano-Elgueta et al., 2012). Al igual que en los bosques nativos del resto del país, en la región de Aysén los bosques de ñirre (*Nothofagus antarctica*) están expuestos a intensos procesos de degradación principalmente por extracción de leña y ganadería, los cuales influyen tanto en la estructura de la regeneración de esta especie como en la riqueza de plantas vasculares. Esto determina una mayor proporción de especies exóticas (por ejemplo especies forrajeras exóticas) asociadas a una mayor intensidad ganadera, así como también a una mayor compactación del suelo superficial (Figura 3.25, Zamorano-Elgueta et al., en preparación).

Figura 3.25. Áreas expuestas actividad ganadera (vacunos) en la comuna de Coyhaique. Vegetación arbórea nativa dominada por ñirre (*Nothofagus antarctica*)



Es altamente complejo determinar la superficie de bosques nativos expuesta a ganadería, y lo es más aún determinar aquellos bosques que presentan impactos en su funcionamiento por tales prácticas (es decir, que presenten procesos de degradación). El mayor impacto se observa en pequeñas propiedades, dada la mayor necesidad productiva por unidad de superficie de estas propiedades con el objeto de asegurar la subsistencia familiar (Zamorano-Elgueta et al., 2012, 2014). Por otra parte, algunas unidades del SNASPE y las áreas protegidas privadas se encuentran también expuestas a esta situación dichas prácticas, dada la dificultad de mantener un adecuado control perimetral con los recursos disponibles, que limite el acceso y permita remover el ganado doméstico de estas áreas.

Si bien en la actualidad no existen estimaciones que permitan evaluar la superficie de bosques degradados de forma adecuada, una reciente aproximación se basa en el nivel de emisiones de gases de efecto invernadero, como la definida en el marco de la Estrategia Nacional de Cambio Climático y Recursos Vegetacionales (ENCCRV), liderada por CONAF a través de la Unidad de Cambio Climático y Servicios Ambientales. Para estimar la superficie de bosques afectada por degradación se utilizó una metodología basada en información de densidad de árboles y área basal de parcelas del Inventario Forestal Continuo desarrollado por INFOR (CONAF, 2016a). A través de esta información se construyen gráficos de densidad que permiten identificar en imágenes satelitales aquellas parcelas que se encuentran en una situación de degradación, según lo definido por Bahamondez et al. (2009). En el Cuadro 3.7 se entrega información de superficie de bosques degradados entre las regiones del Maule y de Los Lagos para el período 2001-2010 estimada a partir de la metodología descrita. Los principales factores de alteración de estos bosques corresponden a la corta selectiva de madera, entre otros (CONAF, 2016a).

Cuadro 3.7 Superficie de bosques degradados en el período 2001-2010	
Región	Superficie (ha)
Maule	18.726
Biobío y Ñuble	35.537
Araucanía	27.672
Los Ríos	40.853
Los Lagos	261.028
TOTAL	383.816
FUENTE: CONAF (2016a).	

Las cifras del Cuadro 3.7 muestran que para el centro-sur y sur del país se estima un total de 383.816 ha de bosques degradados en el período 2001-2010, lo que daría un área de degradación promedio de 42.646 ha anuales.

Para los bosques del tipo forestal siempreverde de la Cordillera de la Costa de la región de los Ríos, se ha sugerido que los bosques adultos en pequeña propiedad (<200 ha) presentarían una mayor sensibilidad a impactos de la ganadería y corta selectiva de árboles en la regeneración (Zamorano-Elgueta et al., 2014). A partir de este criterio estos autores estiman que 27 mil ha de bosques nativos en el área indicada presentarían impactos en su regeneración por corta selectiva de los mejores árboles (floreo) y ganadería y que, por tanto, se encontrarían funcionalmente afectados por procesos de degradación. Sin embargo, otros tipos de propiedades también se encuentran expuestas a distintos niveles de intensidad de uso por ganadería, lo que posiblemente tiene implicancias en un gradiente de procesos de degradación. Este gradiente corresponde a un continuo desde un estado incipiente y más fácilmente recuperable hasta aquellas situaciones más extremas y de escasas o nulas posibilidades de recuperación en términos de tiempo y costo económico.

Una última causa de pérdida y degradación de bosques nativos que afecta a la región de Magallanes es causada por el castor (*Castor canadensis*) como especie exótica invasora, impactos que no están incluidos en los monitoreos de CONAF. Algunas estimaciones señalan que la superficie de bosque afectada por los castores en Tierra del Fuego perteneciente a Chile sería de 23.500 ha¹, donde cerca del 87% de los árboles moriría por el efecto de la inundación y el resto por anillamiento o corta por estos animales. Gligo (2016) señala la pérdida o degradación de 27.735 ha de bosque nativo en Tierra del Fuego e Isla Navarino entre 1999 y 2016. Existe incertidumbre con respecto al total de área afectada en que los árboles hayan muerto. Sin embargo, se han realizado algunas estimaciones sobre los impactos del castor. Por ejemplo, en el sur de Tierra del Fuego. Baldini et al. (2008) mencionan que de 864 árboles evaluados en Tierra del Fuego en torno a una castorera, 371 (43%) fueron cortados, 63 (7%) fueron anillados, y 430 (50%) no presentaban daños, siendo los más afectados los individuos de lenga (*Nothofagus pumilio*). Esto significó una pérdida de 15 t ha⁻¹ de biomasa leñosa removida, y de 286,8 m³ ha⁻¹, considerando tanto lo removido como los árboles que fueron afectados por la inundación (Baldini et al., 2008). Estos efectos se pueden observar principalmente en los bosques ribereños, donde se ha estimado que el 14% de su superficie podría ser aun invadida. Considerando solamente el Parque Karukinka significaría más de 18.000 ha de bosque, con una pérdida estimada en 1.177 (± 0.103) Tg de C (Papier et al., 2019).

1 <https://gefcastor.mma.gob.cl/>

Recuadro 3.2 Impactos de la corta selectiva y ganadería sobre bosques nativos asociados a cursos y calidad de agua

Los bosques nativos han sido impactados por diversos agentes de degradación influyendo en la provisión de servicios ecosistémicos, tales como la provisión de cantidad (Lara et al., 2009, Little et al., 2014) y calidad de agua (Little et al., 2008, Becerra-Rodas et al., 2019). La corta selectiva (floreo) y la ganadería son una práctica extendida en los predios agrícolas y forestales con presencia de bosque nativo (Reyes et al., 2017, Zamorano-Elgueta, 2018). Estudios recientes han evaluado el impacto de estos dos factores sobre bosques templados ribereños y sus implicancias en la calidad de agua para la Cordillera de la Costa, de los Andes y Depresión Intermedia de la región de Los Ríos (Figura 1, Cruz-Tagle et al., 2019). Los resultados de este estudio señalan que las cuencas de la depresión intermedia, como es esperable, presentan un mayor impacto por ganadería, con valores mayores de intensidad ganadera (CAI, N° de bostas/ha) y cobertura de cauce pisoteado (%). Los sitios costeros presentan mayores impactos por corta selectiva y un mayor porcentaje de árboles de múltiples fustes, lo cual es una señal de impacto de corta selectiva de largo plazo. En la Cordillera de la Costa y de los Andes, al contar con alta presencia de bosque nativo y a la vez un uso ganadero, resulta difícil diferenciar los efectos sobre la estructura del bosque nativo ribereño. Sin embargo, se evidencia un impacto negativo significativo sobre la regeneración de ciertas especies del bosque siempreverde, concordando con resultados de otros estudios (Zamorano-Elgueta et al., 2014).

En cuanto al impacto sobre la calidad del agua, esta se evaluó en temporadas de altas y bajas precipitaciones. Los resultados de este estudio indican que existe un impacto sobre la materia orgánica disuelta (DOM) en cursos de agua de la Costa, Depresión Intermedia y Andes. La corta selectiva y ganado en período estival posiblemente aportarían importantes cantidades de carbono y mayor degradación, influyendo sobre la respiración microbiana y la mineralización del carbono aguas abajo (Sandoval et al., 2019).

Al analizar las concentraciones de nitrógeno total (en sus fracciones orgánicas e inorgánicas, se encontró una mayor concentración de nitrógeno total en el agua en cuencas con mayor actividad ganadera, aumentando su exportación ($20 \text{ a } 72 \text{ g N d}^{-1} \text{ ha}^{-1}$) lo que se asocia principalmente al mayor transporte de la fracción inorgánica disuelta N-NO_3^- por lixiviación. Para las cuencas de menor intervención de ganado el transporte de N es menor, siendo su fracción orgánica la dominante, lo que se relaciona probablemente a la mayor cobertura de bosque nativo (Vargas 2019, en preparación). Cabe señalar que en una cuenca ganadera en la que se restauró parte de la vegetación ribereña con especies nativas hace 8 años y se cercó, impidiendo el acceso de ganado, los valores de Nitrógeno Total disminuyen, aumentando el N-NO_3^- por lixiviación en la temporada de lluvias. Este resultado es de una cuenca en proceso de restauración (Figura 2, cuenca leon01) iniciada por el proyecto GEF-SIRAP hace 8 años, lo cual revela la importancia de la restauración ecológica para recuperar la calidad del agua.

Estos cambios en las entradas alóctonas o externas de materia orgánica disuelta y nitrógeno total impactan la calidad de agua a escala de cuencas. Se sugiere que la Materia Orgánica Disuelta puede ser un indicador funcional relacionado a la calidad de agua en sitios impactados por ganadería y corta selectiva, y como una herramienta para el manejo y restauración de bosques nativos ribereños y recuperación de sus servicios ecosistémicos. Proponemos reconocer el uso ganadero de los bosques de manera explícita en la ley de bosque nativo y sus reglamentos con el objetivo de regular dicha práctica y establecer incentivos y herramientas para generar mejores prácticas de manejo del bosque nativo y proteger a la vez funciones ecosistémicas como la provisión de agua en calidad.

FIGURA 1.
Impactos
antrópicos en
los bosques
ribereños.



Sin Intervención Aparente

Corta Selectiva

Ganadería

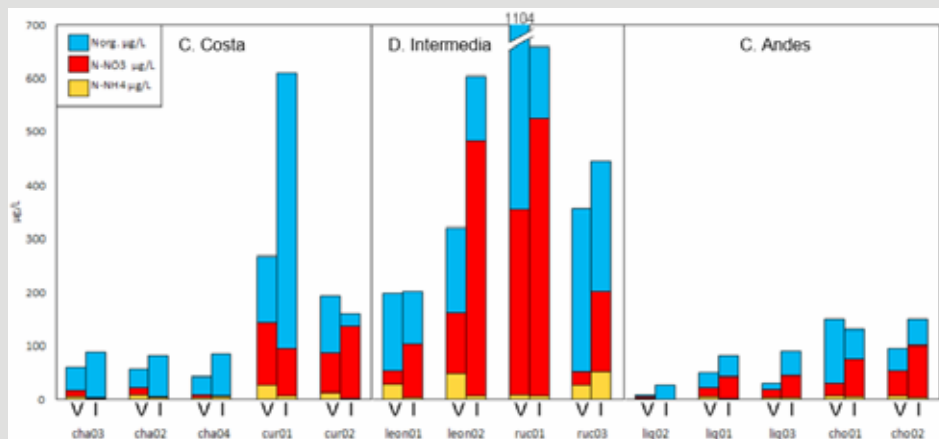


FIGURA 2. Concentraciones de todas las fracciones de Nitrógeno para la zona de la Cordillera de la Costa, Depresión Intermedia y Cordillera de los Andes en el período de verano (V, marzo-abril 2017) e invierno (I, junio-agosto 2018). En el eje de las X se indican los códigos de las diferentes cuencas estudiadas.

FUENTE: Vargas., (2019).

Agradecimientos:

Proyecto financiado por el fondo de investigación del bosque nativo 2016. Corporación Nacional Forestal.

Enrique Cruz, Constanza Becerra, Jorge Sandoval, Rosario Vargas, Sebastián Osorio, Jorge Nimptsch, Stefan Woelfl

3.2.3 Vulnerabilidad de los bosques nativos ante el cambio climático

El conocimiento y la evaluación de la vulnerabilidad de los bosques nativos ante el cambio climático son esenciales para el diseño de las medidas de adaptación necesarias para la conservación y manejo de estos ecosistemas y la mantención del flujo de bienes y servicios que éstos proveen. En esta sección se resume la información disponible en artículos científicos, complementada con otros difundidos por la prensa.

3.2.3.1 Reducción del vigor en bosques mediterráneos a causa de la megasequía de 2010-2019

La megasequía, reportada por primera vez en 2015, ha afectado a Chile desde la región de Coquimbo a la Araucanía desde el 2010, siendo la sequía geográficamente más extensa, prolongada y cálida desde 1900 (CR2 2015). Se ha documentado además, que esta megasequía es la más larga del último milenio a partir de una reconstrucción de precipitaciones usando anillos de árboles (CR2, 2015). La megasequía se ha extendido hasta el presente (2019) y ha tenido serios impactos en la disponibilidad de agua para diversas actividades productivas y para los bosques y otros ecosistemas (Garreaud et al., 2017). Mediante modelamiento, Boisier et al. (2016) estimaron que el 25% del déficit hídrico observado durante la megasequía es de origen antropogénico derivado del aumento de las emisiones de CO₂. Este estudio también proyecta un aumento de la persistencia y recurrencia de las sequías en Chile central como un escenario realista bajo la actual trayectoria socioeconómica a nivel global (Boisier et al., 2016). Por lo tanto, existe evidencia científica robusta acerca de la necesidad de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y de mitigar desde los ecosistemas forestales, los cuales también están siendo y serán cada vez más afectados por el cambio climático (Anderegg et al. 2012; Williams et al. 2013).

Un estudio sobre los efectos de la megasequía (2010-2015) en la productividad de la vegetación en el centro-sur de Chile, encontró una declinación del verdor (browning) especialmente en la región semiárida al norte de los 33oS (Tiltill), así como en la Cordillera de la Costa al sur de los 39oS (Temuco, Garreaud et al., 2017). Lo sucedido al sur de los 39oS, no estaría directamente relacionado con la megasequía, pues esta zona ha experimentado condiciones climáticas cercanas a lo normal, si bien coincide con un área de marcado aumento en la evapotranspiración potencial. Entre los 34o y 37o S, se encontró una mezcla de cambios menores, con algunos parches mostrando secamiento y otros, incremento en verdor (Garreaud et al., 2017). El incremento en verdor (greening) ocurrió principalmente en plantaciones forestales, cultivos y en menor grado en matorrales. En plantaciones, esto puede deberse a su rápido crecimiento en área foliar durante su corta rotación (12-20 años), y en cultivos podría deberse al riego y aumento de las temperaturas (Garreaud et al., 2017).

Por otra parte, Miranda et al. (enviado) encontraron un efecto significativo directo de la megasequía (período 2010-2016), sobre la productividad de bosques esclerófilos (reducción en el Índice Diferencial de Vegetación Normalizado (NDVI, por su sigla en inglés). Un tercio del área estudiada (13,000 km² entre el Océano Pacífico y la precordillera andina, 33.1°-34.1°S- 71.5°-70.2°O), se vio afectada por “browning” o decaimiento del verdor de la vegetación asociado a una disminución de su vigor debido a diferentes causas de estrés. El mayor efecto se observó en zonas semiáridas dominadas por especies tolerantes a la sequía. Sitios ubicados en quebradas con mayor humedad de suelo disponible fueron menos afectados por la megasequía, por lo que la condición topográfica y de micrositio es crucial para evaluar los efectos del cambio climático en los bosques (Miranda et al., enviado).

Recientemente se publicó en medios que especies siempreverdes del bosque esclerófilo, principalmente quillay, litre y peumo, están siendo fuertemente afectadas por la sequía y las olas de calor en la zona central de Chile (investigación liderada por Marcelo Miranda y Cynnamon Dobbs, El Mercurio, 2019). El mayor cambio observado en la vegetación fue en el índice de masa foliar, el cual disminuyó de forma importante desde diciembre 2017 a marzo de 2019. Se observó un cambio en la coloración de la copa, y en algunos individuos incluso se manifestó la pérdida total de su follaje durante el reciente verano de 2019. Este fenómeno se ha documentado para diversos sitios alrededor de Santiago y se atribuye preliminarmente a la sequía prolongada que ha sufrido esta zona, así como a las olas de calor durante el verano.

3.2.3.2 Cambios en el crecimiento de los bosques mediterráneos y templados atribuidos al cambio climático

Villalba et al. (2012) documentaron la reducción sostenida del crecimiento radial en varias especies arbóreas después de la década de 1950. Las especies incluyeron Ciprés de la Cordillera (*Austrocedrus chilensis*), Araucaria (*Araucaria araucana*) y Coigüe de Magallanes (*Nothofagus betuloides*), distribuidas en un amplio rango geográfico desde Chile central a Magallanes, así como en áreas adyacentes de Argentina. Esta reducción del crecimiento se atribuyó a la disminución de las precipitaciones, asociadas al forzante climático conocido como Modo Anular del Sur, cuya sigla en inglés es SAM. Los cambios en este forzante han provocado el aumento de la presión sobre la región en cuestión y el desvío de las tormentas hacia el extremo austral de Sudamérica en las últimas décadas (Villalba et al., 2012).

Los cambios en el SAM han sido asociados al agujero de la capa de ozono y al cambio climático (Villalba et al., 2012), mostrando otra consecuencia directa de la acción antrópica a nivel global sobre los ecosistemas boscosos de Chile y Argentina.

En la zona mediterránea se ha reportado que las condiciones más secas y calurosas han producido una declinación significativa en el crecimiento radial de Roble del Norte (*Nothofagus macrocarpa*) a lo largo de su distribución, principalmente desde 1980 (Venegas-González et al., 2018). Esto pone una señal de alerta, pues las condiciones de sequía continuarán, lo cual amenaza la supervivencia de esta especie endémica y relictual en la zona central de Chile (Venegas-González et al., 2018). Por otra parte, Venegas-González et al. (2019) reportaron además que tanto árboles jóvenes, como árboles adultos y maduros de esta especie, han sido afectados por el cambio en el clima y que los árboles jóvenes han resultado ser los más sensibles a la variabilidad climática y por lo tanto a los cambios que se están experimentando (Venegas-González et al., 2019).

Para Alerce (*Fitzroya cupressoides*), especie en peligro de extinción, las condiciones más secas y calurosas de las últimas décadas han producido una disminución de su crecimiento radial en la Cordillera de la Costa (Parque Nacional Alerce Costero, desde 1970 a la fecha). Esto se debe principalmente a que la retención de agua en estos suelos es muy baja dada su escasa profundidad (30-40 cm, Urrutia-Jalabert et al., 2015). Por otra parte, se encontró que el crecimiento de esta especie ha venido aumentando desde 1900 en la Cordillera de Los Andes (Parque Nacional Alerce Andino), lo cual en suelos que tienen una buena capacidad de retención de agua, se atribuye a un aumento en la radiación y en la concentración de CO₂ en las décadas recientes (Urrutia-Jalabert et al., 2015). Existen además varios otros sitios en la Cordillera de Los Andes en que el crecimiento ha venido aumentando en las últimas décadas (Lara et al., enviado). Sin embargo, Camarero y Fajardo (2017), reportaron una disminución en el crecimiento de la especie desde 1980 en un sector de la Reserva Huinay, en la comuna de Hualaihué (42°23' S, 72°25' O).

Un estudio reciente en Ciprés de las Guaitecas (*Pilgerodendron uviferum*) reportó un cambio positivo en el crecimiento radial en dos de cuatro sitios estudiados en la Patagonia (47° 45' S- 48° 05' S, Camarero et al., 2018). Este cambio estuvo asociado a una transición, desde condiciones frías y húmedas existentes en los años 1970 a condiciones más secas y calurosas hacia el 2000. Todos los rodales estudiados presentaron un aumento en la eficiencia en el uso del agua, pese a que no todos presentaron un aumento en el crecimiento. La condición de sitio y el clima fueron los factores que explicaron significativamente las tendencias de crecimiento encontradas (Camarero et al., 2018).

Por otra parte, las condiciones más secas y calurosas que han ocurrido desde finales de los 1970s han provocado una disminución en el crecimiento de Lengua (*Nothofagus pumilio*) en cinco sitios ubicados en un rango latitudinal que va desde las Termas de Chillán (36°54'S, 71°24'O) a Tierra del Fuego (54°20'S, 68°49'O, Fajardo et al., 2019). Esto ha significado un cambio en el patrón de crecimiento entre los periodos 1950-1980 y 1980-2010, lo cual ha estado acompañado de un aumento en la eficiencia en el uso del agua. Esta mayor eficiencia se ha producido probablemente por un mayor cierre de los estomas debido a condiciones más secas (Fajardo et al., 2019). Un resultado similar lo obtuvo Álvarez et al. (2015) en un bosque de lenga del volcán Choshuenco (39°53' S, 72°03' O), donde el crecimiento radial aumentó desde los años 1960 hasta principio de los 1980 y luego se produjo una disminución.

3.2.3.3. Variación del desempeño ecofisiológico y otros impactos

Pocos han sido los estudios que han evaluado fisiológicamente la vulnerabilidad al estrés hídrico de las especies nativas creciendo en condiciones naturales. Un estudio en bosques de especies del género *Nothofagus* en Chile y Argentina (Bucci et al., 2012), encontró una alta variabilidad fenotípica en la resistencia a la sequía dentro de cada especie, incluso más que entre especies. Además, y sorprendentemente, se encontró que poblaciones de una misma especie creciendo en sitios más secos fueron más vulnerables a experimentar cavitación (quiebre de la columna de agua ante condiciones secas que determina el secamiento y eventual muerte de la planta), que las que crecían en sitios más húmedos. A pesar de esta mayor vulnerabilidad, se reportaron mecanismos hidráulicos que ayudan a reducir la probabilidad de que se produzca cavitación en los vasos conductores de agua (xilema).

Un estudio reciente evaluó la vulnerabilidad hidráulica de Alerce al estrés hídrico en la Cordillera de la Costa (Parque Nacional Alerce Costero) y Depresión Central cerca de Puerto Montt (Urrutia-Jalabert et al., 2018). Este estudio encontró que alerce es una especie relativamente resistente a las condiciones secas. Sin embargo, los brinzales o bosques jóvenes de la Cordillera de la Costa resultaron ser los más vulnerables ante el escenario de disminución de las precipitaciones, encontrándose una diferencia significativa con los árboles adultos del mismo sitio (Urrutia-Jalabert et al., 2018).

En los bosques templados del sur de Chile también se han observado impactos del cambio climático en los bosques. Así, asociado a los veranos extremadamente secos de 2015 y 2016 (los dos veranos más secos desde que hay registro en Puerto Montt), se pudo observar en la Región de Los Ríos (Panguipulli-Coñaripe), el primer evento de mortalidad masiva de bosques que afectó principalmente a bosques de Coigüe (*Nothofagus dombeyi*, reportado por Mylthon Jiménez, Diario Austral región de Los Ríos, 2019).

Resultados preliminares de un experimento que simula la disminución de las precipitaciones en un bosque valdiviano, indican que cinco de las siete especies en estudio presentaron una disminución en su crecimiento y reproducción, viéndose mermada la productividad total del bosque. Además, el reclutamiento de las especies fue diferencial, planteándose la hipótesis de que el cambio climático podría cambiar la estructura y composición del bosque (Jiménez-Castillo y Torres-Morales, 2016).

Estudios satelitales en bosques de la Región de Aysén, muestran que el aumento de la temperatura en el área ha estado asociado a un aumento significativo en la tendencia del NDVI como indicador del verdor (vigor) en bosques de la zona Oeste de la Región (Olivares-Contreras et al., 2019), mientras que los bosques del Este han mostrado una tendencia negativa asociada a la disminución de las precipitaciones (Olivares-Contreras et al., 2019).

Por otra parte, se han documentado aumentos poblacionales abruptos o “outbreaks” del insecto *Ormiscodes amphimone* (cuncuna espinuda) en la Región de Aysén. Este insecto, en su fase larval, se alimenta de las hojas de los árboles pudiendo dejarlos completamente defoliados. Al menos 164,000 ha de bosques de lenga en la región han sido afectadas (período 2000-2015, Estay et al., 2019). Esta investigación plantea la hipótesis de que las condiciones más cálidas de las últimas décadas han promovido la ocurrencia de los outbreaks durante los últimos años, requiriéndose nuevos estudios para entender mejor este fenómeno.

Un aspecto clave a investigar es la capacidad de los bosques nativos de comportarse como sumideros o fuentes de carbono. Para bosques antiguos de Chiloé se documentó que los bosques actuaban como sumideros de carbono a una escala anual (-238 ± 31 g C/m², Pérez-Quezada et al., 2018). Sin embargo, el balance del bosque resultó muy sensible a variaciones climáticas, reportándose pulsos importantes de emisión asociados a episodios secos durante el verano (Pérez-Quezada et al., 2018). Los autores reportaron que el escenario proyectado de cambio climático para el sur de Chile puede impactar significativamente el sistema, haciendo que los bosques antiguos estudiados se transformen de sumidero a una fuente de carbono (Pérez-Quezada et al., 2018).

3.2.3.4. *Los bosques de Araucaria y la interacción de impactos del cambio climático*

Un caso emblemático de los potenciales efectos del cambio climático en bosques nativos es el de araucaria (*Araucaria araucana*). En mayo de 2016, en la Reserva Nacional Ralco se detectaron individuos de araucaria con daños en su copa, desde algunos con pocas ramas afectadas a árboles totalmente muertos (Lignum, 2017). Se han planteado diversas hipótesis referentes al posible causante de este fenómeno, las que van desde el cambio climático hasta el ataque de agentes patógenos y un problema genético (González, 2017).

Existe actualmente una Mesa Técnica coordinada por CONAF para determinar la causalidad del daño en estos bosques, la que involucra diversos actores (González, 2017). De acuerdo a las investigaciones coordinadas por CONAF, el daño foliar en la especie se debería a una combinación de factores bióticos y abióticos. El cambio que se ha producido en el clima estaría provocando estrés en la especie, aumentando su susceptibilidad a ser atacada por agentes patógenos, los cuales han incrementado su abundancia en el último tiempo. En la actualidad hay un grupo de patógenos que han sido catalogados como sospechosos, pero faltan estudios para su total confirmación (Oficina de informaciones, reclamos y sugerencias, OIRS-CONAF).

Por otra parte, un estudio de la Universidad Austral de Chile en el Parque Nacional Conguillío demostró que la reserva de carbohidratos en el follaje de árboles afectados era menor que en el de árboles sanos, atribuyendo a que la sequía prolongada o megasequía podría estar causando este efecto (información reportada por Mylthon Jiménez, El Mostrador, 2017). La sequía provoca el cierre de los estomas y en consecuencia, una menor fotosíntesis. Una sequía prolongada induce que no se realice fotosíntesis de forma adecuada y, por lo tanto, que se agoten las reservas, lo cual podría provocar el deterioro de los tejidos de árboles y eventualmente su muerte (El Mostrador, 2017).

Un estudio reciente en siete poblaciones de araucaria en las Regiones del Biobío y Araucanía indicó que el crecimiento radial de araucaria ha disminuido durante el período de la megasequía (2010-2015) y que ha disminuido aún más en los árboles con daño foliar (Gipoulou, 2019). Estos individuos resultaron ser aún más sensibles a las variaciones en la precipitación durante este período. Se resaltó además la importancia de las precipitaciones estivales para el crecimiento de la especie, con una menor precipitación afectando negativamente el crecimiento de la especie (Gipoulou, 2019).

Los resultados obtenidos hasta el momento indican que los bosques de araucaria son un ejemplo claro de cómo las condiciones más secas y calurosas, y la severidad y duración de las sequías, están teniendo una serie de impactos sobrepuestos. Estos impactos se refieren al daño foliar causado directa o indirectamente por factores bióticos y/o abióticos y la reducción del crecimiento de los árboles. Por otra parte, los incendios forestales comprometen aún más la conservación de esta especie milenaria. A la vulnerabilidad asociada al clima, se suma la competencia y aumento de peligro de incendios por la invasión de *Pinus contorta*, especie exótica adaptada al fuego y de una regeneración y tasa de dispersión muy alta (Peña et al., 2008; Cobar-Carranza, et al 2014; AJ., R. A. García, A. Pauchard, E. Peña. 2014).

3.3 ACCIONES PARA LA CONSERVACIÓN Y MANEJO SUSTENTABLE DEL BOSQUE NATIVO

3.3.1 Ley N° 20.283 sobre Recuperación del Bosque Nativo y Fomento Forestal

3.3.1.1. Bonificaciones pagadas y limitaciones como instrumento de fomento

La Ley de Recuperación del Bosque Nativo y Fomento Forestal (Ley N° 20.283) ha entregado más de cuatro mil bonificaciones entre 2010 y 2018 a propietarios que han postulado y ganado los concursos que CONAF organiza anualmente. Estas bonificaciones han estado asociadas a las tres categorías incluidas en la ley: preservación, producción maderera y producción no maderera. Esto ha involucrado el manejo con distintos fines y métodos de 35.000 hectáreas en este período (Figura 3.26, Cuadro 3.8). El monto total de estas bonificaciones asciende a 137 mil UTM, lo que equivale a 6.676 millones de pesos durante un periodo de nueve años (valor de la UTM a junio del 2019).

Cuadro 3.8 Número, superficie y monto de bonificaciones pagadas por tipo de concurso entre diciembre 2010 y diciembre 2018

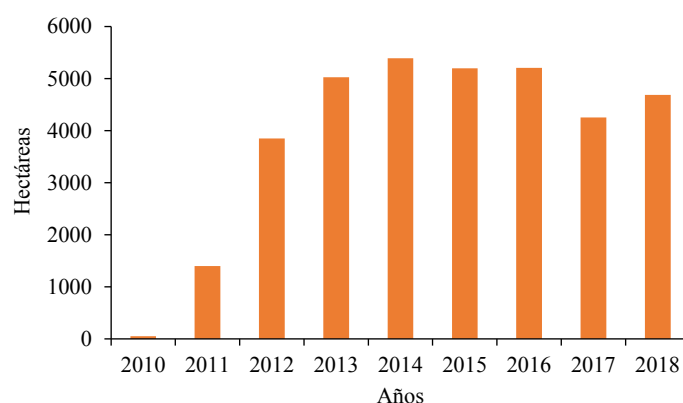
Tipo beneficiario	Número de beneficiarios	Superficie manejada (hectáreas)*	Monto pagado (UTM)
Pequeños Propietarios	3.185	17.911	77.678
Otros propietarios	1.058	17.159	59.290
Total	4.243	35.069	136.968

FUENTE: CONAF (2019b).

Los montos de las bonificaciones indicadas en el Cuadro 3.8 incluyen distintos tipos de actividades silvícolas y una hectárea podría haber sido subsidiada más de una vez para cubrir diferentes actividades. Esto hasta completar los máximos fijados por la ley que en algunos casos es 5 UTM/ha y en otros 10 UTM/ha, incrementados en un 15% en el caso de los pequeños propietarios. El manejo de una misma área puede haber sido bonificada más de una vez dentro de los límites de bonificación total por hectárea que establece la ley. Por lo tanto, las bonificaciones podrían haber promovido el manejo y conservación en un área menor que las 35.000 ha totales (promedio 3.900 hectáreas anuales entre 2010 – 2018). Debido a lo anterior, el área promedio bonificada es de 5,6 ha por pequeño propietario y de 16,2 ha en el caso de otros propietarios. Por lo explicado, dichas áreas representan un valor máximo.

El 84% del monto bonificado se ha destinado a producción maderera, el 14% a producción no maderera y el 2% a preservación. Por otra parte, el 37% de los recursos se han destinado a raleo de renovales, especialmente de latizal bajo, el 25% a clareos, el 19% a cortas selectivas, de liberación, mejoramiento, etc., el 11% a construcción de senderos, el 4% a podas y el 4% restante a distintos tipos de actividades.

Figura 3.26 Superficie anual de bosque nativo bonificada entre 2010 y 2018



FUENTE: CONAF (2019b).

El Cuadro 3.9 muestra que entre 2010 y 2018 sólo el 26% de los fondos asignados en el presupuesto de la Nación para pagar bonificaciones fueron invertidos en el manejo del bosque nativo, lo que deja en evidencia la enorme brecha que ha existido entre los recursos disponibles y los pagados como bonificaciones por la ley 20.283. Sin embargo, esta brecha se ha ido reduciendo a través del tiempo dado que, por un lado, ha aumentado el monto de las bonificaciones pagadas anualmente, y por otro, el monto aprobado en el presupuesto para cubrir los gastos de la ley ha disminuido drásticamente desde 10 millones de dólares en 2010 a 2,7 millones de dólares en 2018 (Cuadro 3.9).

Cuadro 3.9 Bonificaciones pagadas para manejo y preservación del bosque nativo y monto disponible según el presupuesto asignado a CONAF para este fin

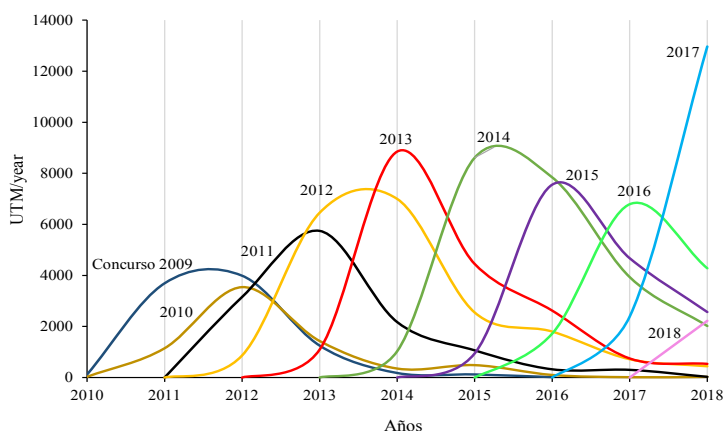
Año	Bonificaciones Pagadas UTM	Monto Presupuesto en caja UTM ⁽¹⁾	Bonificaciones pagadas en Miles de \$ US	Presupuesto en caja en Miles de \$ US ⁽¹⁾	Pagado respecto a presupuesto (%)
2010	147	125.843	12	10.005	0,1
2011	4.839	70.475	367	5.340	6,9
2012	11.554	79.839	978	6.758	14,5
2013	15.980	55.925	1.229	4.302	28,6
2014	19.583	24.389	1.376	1.713	80,3
2015	18.227	33.473	1.162	2.134	54,5
2016	21.980	33.662	1.515	2.320	65,3
2017	19.568	30.773	1.459	2.294	63,6
2018	25.089	37.633	1.784	2.676	66,7
TOTAL	136.967	492.012	9.881	37.543	26,3

FUENTE: Cuadro desarrollado a partir de datos de CONAF (2019b) expresados en UTM. Se consideró el valor de la UTM y del dólar a diciembre de cada año según series publicadas por Banco Central.

¹ Monto autorizado en la ley de presupuestos y transferida a la caja de CONAF para pagar bonificaciones al bosque nativo.

En general, los subsidios se han pagado con 2 o 3 años de desfase (Figura 3.27). Por ejemplo, el 83% de los subsidios adjudicados en el concurso de 2009 se pagaron entre el 2011 y 2012. Sin embargo, todavía hay subsidios del concurso de 2012 que no han sido pagados, lo que implica un nivel de rezago de casi 8 años en la implementación de actividades de manejo forestal. Los pagos se hacen en forma parcial después que las intervenciones bonificables son ejecutadas por los propietarios. Todo esto implica que los propietarios no sólo tienen que cubrir los costos asociados a la presentación de los proyectos de manejo forestal (con toda la incertidumbre asociada), y posteriormente financiar su ejecución, sino que además deben asumir el costo de oportunidad asociado a la espera. Esta es una de las razones importantes que explican el bajo nivel de implementación de la ley en cuanto al fomento del manejo y preservación del bosque nativo.

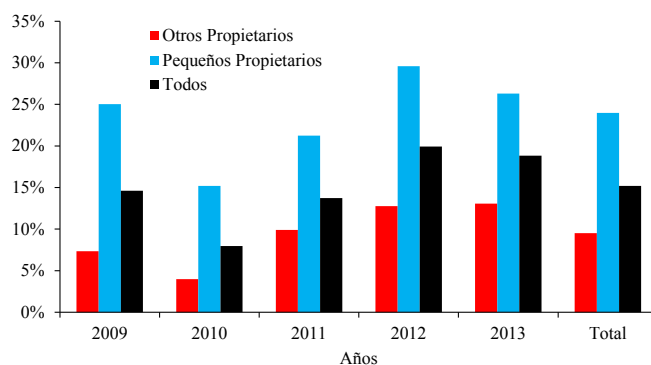
Figura 3.27 Ciclo de pago de las bonificaciones de cada concurso en Unidades Tributarias Mensuales (UTM) para el período 2010-2018



FUENTE: Elaboración propia a partir de Estadísticas de CONAF (2019b).

Un porcentaje indeterminado de propietarios que ganan los concursos de CONAF no inician las intervenciones estipuladas en el plan de manejo, ya que carecen de capital y la ley ni el Estado han creado un sistema de financiamiento para apoyarlos. En consecuencia, constituyen un grupo de propietarios a los cuales se les asignaron bonificaciones pero que nunca las han iniciado ni cobrado. Al respecto, sólo el 10% de los fondos adjudicados a medianos y grandes propietarios (identificados como otros propietarios) fueron realmente pagados entre 2009 y 2013 (concursos que ya se encuentran cerrados, en lo que respecta al pago de bonificaciones). El 90% restante simplemente no se ejecutó. En el caso de pequeños propietarios, el nivel de no ejecución llega al 79% (Figura 3.28).

Figura 3.28. Proporción de las bonificaciones adjudicadas que han sido pagadas entre 2009 y 2013.



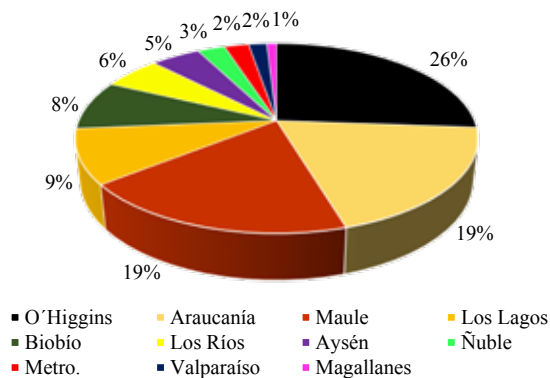
La categoría otros propietarios incluye a los medianos y grandes propietarios y todos se refiere a todos los propietarios sin distinción.

FUENTE: CONAF (2019b).

Las regiones que muestran un mayor nivel de implementación son O'Higgins, Araucanía y Maule. Las tres representan el 64% del monto pagado en bonificaciones durante el periodo 2010-2018. Las regiones que menos contribuyen son Magallanes, Valparaíso, Metropolitana y Ñuble (Figura 3.29). El caso de la región de O'Higgins es bastante sorprendente, dado que representa más de un cuarto de todo lo que se ha pagado en subsidios, mientras que las regiones de Aysén y Los Ríos llaman la atención por su bajo nivel de implementación en relación a la importancia que tienen los bosques nativos.

Por otra parte, el tipo forestal que más bonificaciones ha recibido es el tipo forestal esclerófilo, con el 34% del total, seguido por los tipos forestales roble-raulí-coigue (30%), roble-hualo (16%) y siempreverde (12%). Llama la atención la importancia relativa del tipo forestal esclerófilo, ya que no corresponde a una formación vegetal que tradicionalmente se maneje con fines productivos. Al menos no al nivel del tipo forestal roble-raulí-coigue o siempreverde. Sería interesante estudiar las causas de esta situación, la cual en parte puede deberse a los menores costos de implementación del manejo y por lo tanto, el monto asignado por la bonificación indicado anteriormente de 5 y 10 UTM/ha resulta más atractiva.

Figura 3.29 Distribución regional de las bonificaciones realmente pagadas entre 2009 y 2018



FUENTE: Elaboración propia a partir de Estadísticas de CONAF (2019b).

3.3.1.2. Limitaciones de la Ley de Bosque Nativo como instrumento de fomento

El análisis anterior deja claro que el fomento del manejo, recuperación y preservación del bosque nativo, a partir de la asignación de bonificaciones, ha tenido serias debilidades y un impacto muy inferior al esperado. CONAF como administradora de la ley no ha superado los problemas de ejecución del presupuesto, razón por la cual éste se ha reducido fuertemente desde 10 a 2,6 millones de dólares para 2010 y 2018, respectivamente (Cuadro 3.9) y el área bonificada se ha estancado desde 2013 en torno a las 4,500 ha anuales, área que parece bastante modesta (Cuadro 3.9). A modo de comparación, el Proyecto Conservación y Manejo Sustentable del Bosque Nativo en su Fase II, implementado por CONAF y varias agencias de cooperación de Alemania entre 2003 y 2007, antes de la aprobación de la Ley de Bosque Nativo, lograron el manejo de un total de 35.500 ha de bosques (Lara et al., 2009). Estos bosques pertenecían a pequeños y medianos propietarios entre las regiones del Maule y Aysén, pagando incentivos en un área de 21.800 ha, y capacitando y prestando asesoría técnica a los propietarios en el área restante. Por lo tanto, en este proyecto se manejó un promedio anual de 7,100 ha, mientras que la ley de bosque nativo ha bonificado intervenciones en 3.900 ha como promedio anual, lo cual representa un 54% de la cifra anterior. Este proyecto tuvo una eficiencia económica mucho mayor, ya que tuvo un presupuesto de 3,3 millones de euros (equivalentes a 4,4 millones de dólares) para cubrir incentivos y asesoría técnica en 35.500 ha (Lara et al., 2009), lo que da un costo de 124 dólares por hectárea. Las bonificaciones de la ley de bosque nativo han incentivado intervenciones en un total de 35.000 ha, con un costo de 283 dólares la hectárea.

Lo anterior da cuenta de una serie de trabas que CONAF, el Ministerio de Agricultura y el Estado en su conjunto no han superado, a pesar de que fueron detectadas tempranamente. Estos obstáculos parten desde el diseño de la tabla de costos a pagar por las diferentes intervenciones, plazos de pago de las intervenciones una vez ejecutadas, ausencia de mecanismos de financiamiento hasta obtener la bonificación, y falta de asistencia técnica y acompañamiento a los propietarios.

Otra debilidad del instrumento es el bajo monto destinado a preservación y producción no maderera, los cual representan solo el 2% y 14% del total de las bonificaciones pagadas. Se requieren importantes modificaciones en las trabas mencionadas, muchas de ellas que son resorte de CONAF y el Ministerio de Agricultura, para que la ley de bosque nativo cumpla el rol que debe cumplir. Vencer estos obstáculos también sería un aporte significativo para la mitigación del cambio climático, a través del manejo, recuperación y preservación del bosque nativo, tema que se discute posteriormente.

3.3.2 Certificación Forestal

El FSC es una organización global, sin fines de lucro, dedicada a promover el manejo forestal responsable en todo el mundo. Entre los miembros se encuentran diversas ONGs ambientales como WWF y Greenpeace, empresas como Tetra Pak y Mondi PLC y organizaciones sociales como la National Aboriginal Forestry Association de Canadá, así como propietarios y administradores de bosques, empresas procesadoras, y también partidarios y miembros individuales. FSC se regula en cada país a través de tres cámaras: económica formada por representantes de las empresas, social integrada por quienes representan a organizaciones de comunidades, agrupaciones de pueblos originarios y otros y la cámara ambiental en que participan delegados de las organizaciones dedicadas a la conservación. La organización es nacional pero basados en las directrices y principios definidos a nivel internacional por FSC.

En Chile, entre el año 2007 y 2015 la superficie de bosques nativos y de plantaciones certificadas bajo el estándar FSC ha presentado un notable incremento. A partir del año 2015 no se han reportado aumentos significativos. Es así como en el año 2007 las hectáreas certificadas no superaban las 300.000 en todo el país, mientras que en el año 2015 esta superficie ya superaba las 2.2 millones de ha, principalmente de plantaciones de especies exóticas y áreas definidas como de alto valor de conservación (AVC).

En los últimos años FSC-Chile ha sido fuertemente criticado por los procesos de certificación de las dos empresas forestales más importantes del país, Mininco y Arauco, propietarias de la mayor parte de los monocultivos industriales establecidos en el país, patrimonio que en conjunto supera los 2 millones de ha. Dicho proceso, realizado por empresas certificadoras extranjeras, fue intensamente cuestionado por diversas organizaciones. Entre los principales cuestionamientos destacan los documentados impactos sociales y ambientales que estas empresas han generado en el país, como por ejemplo la demanda del pueblo Mapuche de tierras ancestrales que actualmente forman parte del patrimonio de dichas empresas. Organizaciones miembros de FSC-Chile como la Agrupación de Ingenieros Forestales por el Bosque Nativo (AIFBN), cuestionaron fuertemente el proceso de certificación de estas empresas, entregando antecedentes concretos que demostraban sus malas prácticas de ambas, las cuales van en contra de los principios de sostenibilidad en que se sustenta el FSC internacional. Sin embargo, a pesar de los antecedentes entregados y de las objeciones a este proceso de certificación, las consultoras internacionales Rainforest Alliance y Woodmark certificaron en 2012 sobre 657 mil y 1.1 millones de hectáreas de las empresas Mininco y Arauco, respectivamente. En 2014 diversas organizaciones de la sociedad civil, juntas de vecinos y comunidades campesinas e indígenas solicitaron impugnar el certificado de FSC otorgado a la empresa Forestal Arauco, argumentando que dicha empresa presentaba graves conflictos sociales y ambientales no resueltos, y cuyo proceso

de certificación no fue participativo, riguroso ni transparente. Similar situación ocurre con la certificación de la empresa Mininco. Producto de ello el sello perdió notablemente su credibilidad a nivel nacional y global, gatillando incluso la renuncia de algunas organizaciones miembro.

Una de las más recientes evaluaciones del desempeño del FSC es el que se realizó a través de un estudio de la Universidad de La Frontera y WWF (Reyes, 2017). Esta investigación tuvo por objetivo evaluar el impacto del FSC en indicadores de paisaje en el área de Nahuelbuta en la región de La Araucanía. La metodología consideró la evaluación espacial y temporal de predios forestales certificados y no certificados entre los años 2008 y 2016. Los indicadores evaluados fueron: conversión de bosque nativo, regeneración natural y fragmentación de bosque nativo.

Los resultados de Reyes, (2017) muestran que en el período analizado hay pérdida de bosque nativo, aunque a una baja tasa y menor en las áreas certificadas que en las no certificadas. En ambos casos se manifiesta regeneración de bosques naturales, siendo ésta levemente mayor en las áreas no certificadas. Respecto a la fragmentación, medida a través de la densidad de parches, se observó una leve disminución en el área certificada y un importante aumento en el área no certificada. En general los resultados muestran que los predios forestales certificados han estado sujetos a menores impactos en comparación a aquellos que no o están. Sin embargo, estos resultados deben considerarse sólo como una evaluación preliminar, principalmente por el breve período de evaluación y área para la que se realizó, indicando la necesidad de continuar estos estudios y de que éstos abarquen el territorio completo donde se encuentran los predios certificados. La resolución espacial de las imágenes utilizadas, y el área en la que se realizó. Además, hay que considerar que la certificación de la mayoría de las empresas en el área de estudio ocurrió a mediados del período. Por lo tanto, actualmente existe una gran necesidad de continuar estos estudios y de que éstos abarquen el territorio completo donde se encuentran los predios certificados.

3.4 BOSQUES NATIVOS: COMPROMISOS Y POLÍTICAS ANTE EL CAMBIO CLIMÁTICO

Dado que el rol del bosque nativo en la adaptación al cambio climático se traduce principalmente en su importancia como proveedor de servicios ecosistémicos, la presente sección se enfocará en el rol del bosque nativo en la mitigación del cambio climático. Esta sección abordará además el marco institucional nacional en torno a los bosques y el cambio climático.

3.4.1 El bosque nativo y la mitigación del cambio climático

3.4.1.1 *Stocks de carbono en bosques nativos*

El carbono almacenado en los bosques, si es mantenido evitando la deforestación y la degradación, juega un papel crucial en la mitigación del cambio climático, pues previene que grandes cantidades de CO₂ sean liberadas a la atmósfera.

Los bosques templados nativos en Chile pueden alcanzar valores altos de stocks de carbono debido al gran tamaño que pueden alcanzar sus especies. Es así como un bosque antiguo dominado por *Nothofagus dombeyi* puede almacenar hasta ~435 Mg C ha⁻¹ (Schlegel et al., 2008) y un bosque milenario de *Fitzroya cupressoides* (alerce), puede llegar a almacenar hasta 517 Mg C ha⁻¹ en su parte aérea (Urrutia-Jalabert et al., 2015). Estos bosques de alerce han sido reportados entre los que más carbono almacenan en el mundo, relevándose su importancia debido a que este carbono puede permanecer secuestrado por milenios (Urrutia-Jalabert et al., 2015). Otros valores de biomasa aérea reportados en la literatura para bosques mixtos siempreverdes fluctúan entre 116 y 300 Mg C ha⁻¹ en la Isla de Chiloé (Vann et al., 2002; Joshi et al., 2006; Pérez-Quezada et al., 2015).

De acuerdo a la información proporcionada por INFOR en referencia a existencias del bosque nativo (INFOR, 2012), las biomásas medias más altas estimadas a partir del Inventario Forestal Continuo se reportan para los tipos forestales Coigue de Magallanes (336 Mg de C por ha⁻¹), Lenga (299 Mg C ha⁻¹) y Coigue-Raúl-Tepa (222 Mg C ha⁻¹, INFOR, 2011). Estas fueron reportadas en las regiones de Los Ríos en el caso de Coigüe de Magallanes y Coigue-Raúl-Tepa y en la Región de Los Lagos en el caso de Lenga.

3.4.1.2 *Cuantificación e inventario de las capturas de gases de efecto invernadero*

La Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), establece que los países firmantes, como Chile, deben presentar un inventario nacional de gases de efecto invernadero (INGEI), el cual debe actualizarse cada dos años. Actualmente se han realizado cinco INGEI y el último abarca el período 1990-2016 (Ministerio del Medio Ambiente (MMA), 2018). La elaboración de este inventario involucra cinco sectores: i) Energía, ii) Procesos industriales y uso de productos, iii) Agricultura, iv) Uso de la tierra, cambio de uso de la tierra y Silvicultura (UTCUTS) y v) Residuos (MMA, 2018).

El Recuadro 3.3 detalla información oficial del INGEI y en particular sobre la contribución del bosque nativo en Chile a dicho inventario.

Recuadro 3.3 Contribución de los bosques nativos al Inventario de gases de efecto invernadero

El sector Uso de la tierra, cambio de uso de la tierra y silvicultura (UTCUTS) incluye las emisiones y absorciones de gases de efecto invernadero (GEI) generadas como resultado del uso, gestión y cambio de uso de la tierra gestionada. Las tierras están divididas en seis usos de acuerdo a las Directrices del IPCC de 2006 (IPCC, 2006): Tierras forestales, Tierras de cultivo, Pastizales, Humedales, Asentamientos y Otras tierras.

Las Tierras Forestales consideran al bosque nativo y a las plantaciones; de acuerdo a las Directrices del IPCC de 2006, los bosques gestionados son los que se incluyen en la contabilidad del inventario de GEI.

En el caso de bosque nativo en Chile se consideran en la contabilidad de GEI las siguientes categorías: bosque nativo de segundo crecimiento (renovales), bosque nativo manejado de acuerdo a la Ley sobre Recuperación del Bosque Nativo y Fomento Forestal, bosque nativo que se encuentra en el Sistema Nacional de Áreas silvestres protegidas, bosque nativo que se origina debido al cambio de uso de la tierra y el bosque nativo que se origina por el cambio de cobertura vegetal desde plantaciones forestales. Esto constituye una superficie de 7.578.706 hectáreas, equivalente al 53 % de la superficie total de bosque nativo (INFOR, 2017).

Se incluyen las emisiones y absorciones de CO₂ y no-CO₂, generadas como resultado de cambios en la biomasa (biomasa aérea y subterránea), materia orgánica muerta (hojarasca y madera muerta) y carbono del suelo.

En el contexto nacional las fuentes de emisiones y absorciones incluidas en bosque nativo son (Cuadro 1):

- Absorciones por incremento de biomasa forestal que corresponde al crecimiento anual de todas las categorías de bosques que se contabilizan en el INGEI.
- Emisiones por:
 - Cosecha de trozas.
 - Cosecha de leña.
 - Incendios forestales.
- Absorciones y emisiones de GEI por cambios de uso a tierras forestales.
- Absorciones y emisiones de carbono del suelo por cambios de uso a tierras forestales.

En la serie temporal 1990 al 2016 del INGEI, se calculó para el 2016 que el bosque nativo aporta con una absorción neta de -71.128 kt CO₂e, que equivale al 64 % de las emisiones de los Sectores Energía, Procesos industriales y uso de productos, Agricultura y Residuos. Esta cifra la podemos desglosar de la siguiente manera:

Cuadro 1. Emisiones y absorciones GEI en bosque nativo (kt CO₂ eq) (1) año 2016

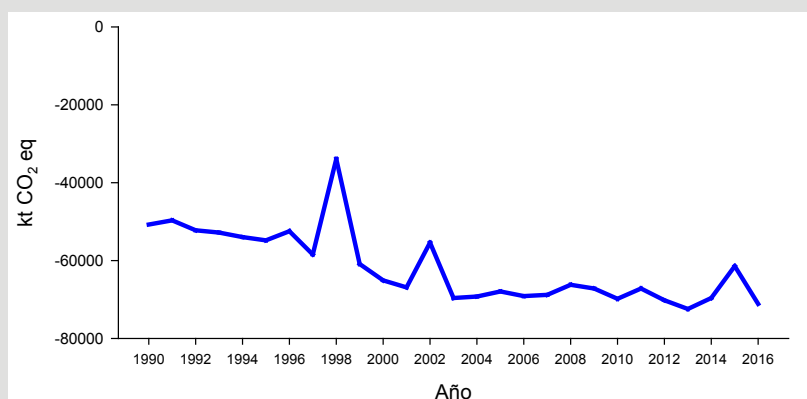
ABSORCIONES	Incremento de biomasa	-81.194
	Restitución y sustitución	-124
	Tierras convertidas a Tierras Forestales	-1.149
EMISIONES	Cosecha Trozas	578
	Consumo de Leña	9.358
	Incendios forestales	1.404
BALANCE		-71.128

1 kt = 1000 toneladas

FUENTE: Trabajo realizado por INFOR según directrices de IPCC (2006) para el Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero de Chile, serie 1990-2016 (MMA 2018)

Si bien la tendencia del balance indica un alza de las absorciones, este se ve especialmente afectado por los incendios, como se evidencia en los años 1998, 2002 y 2015 (Figura 1).

Figura 1. Emisiones y absorciones GEI en bosque nativo (kt CO₂ eq) (1) , serie 1990-2016



1 kt = 1000 toneladas

Fuente INFOR, 2017 según directrices de IPCC (2006).

Yasna Rojas Ponce,
Instituto Forestal

3.4.2 Iniciativas y compromisos nacionales para la gestión de bosques nativos ante el cambio climático

3.4.2.1 Contribución Nacionalmente Determinada (NDC) de Chile

El Acuerdo de París, resultante de la Conferencia de las Partes (COP) realizada en París en 2015, establece reglas, procedimientos e instrumentos sobre la base de Contribuciones Nacionales Determinadas para hacer frente al cambio climático.

La Contribución Nacionalmente Determinada o National Determined Contribution (NDC) de Chile en su contribución específica de mitigación en el sector “uso de la tierra, cambio de uso de la tierra y silvicultura (UTCUTS)” definió que el país se comprometía al manejo sustentable y recuperación de 100.000 hectáreas de bosque nativo, lo que permitiría capturar y reducir los gases de efecto invernadero en cerca de 600.000 toneladas de CO₂ equivalentes al año, desde el 2030 (Gobierno de Chile, 2015). La puesta en marcha de este compromiso se encuentra condicionada a la aprobación de las modificaciones a la Ley sobre Recuperación de Bosque Nativo y Fomento Forestal. Entre las actividades planificadas se encuentran la implementación de tratamientos silviculturales adecuados para la recuperación del bosque nativo (ej. plantación suplementaria) y medidas para evitar la degradación forestal en bosques con alto potencial de riesgo. Entre estas se encuentran la silvicultura preventiva contra incendios y medidas para el uso sustentable de la biomasa (leña, Gobierno de Chile, 2015).

Por otra parte, Chile además se comprometió a la forestación de 100.000 hectáreas, mayoritariamente con bosque nativo, lo cual implicará capturas de entre 900.000 y 1.200.000 toneladas de CO₂ equivalentes, desde el año 2030. Al igual que el compromiso anterior, la puesta en marcha de este compromiso se encuentra supeditada a la prórroga del Decreto Ley (D.L) 701 y a la aprobación de una nueva Ley de Fomento Forestal (Gobierno de Chile, 2015). De acuerdo a información reciente circulada en los medios y presentaciones del sector público (CONAF, 2019), el D.L 701 será reemplazado por una nueva Ley de Restauración Forestal y Adaptación al Cambio Climático (CONAF, 2019). El objetivo de esta Ley a la fecha es “contribuir a la restauración de ecosistemas forestales, el desarrollo sustentable del país y a la mitigación y adaptación al cambio climático” (CONAF, 2019). Los propósitos específicos de esta nueva Ley de Restauración son: i) incentivar la forestación con fines productivos, ii) fomentar la reforestación en zonas afectadas por incendios forestales y iii) fomentar la cobertura forestal, con fines no madereros, de forma de mitigar los impactos ambientales y el cambio climático (CONAF, 2019). Los beneficiarios de esta ley serían exclusivamente los pequeños y medianos propietarios, los cuales serían llamados a concurso, donde uno de los componentes principales consideraría la restauración de 25.000 ha anuales en un período de 20 años (500.000 ha en total). La forestación/reforestación podría eventualmente ser con cualquier especie (incluyendo exóticas), y se espera dar un incentivo de un 20% adicional en el caso que se consideren especies nativas, o los proyectos sean asociativos y en zonas prioritarias (CONAF, 2019).

En su componente de adaptación, la NDC de Chile plantea implementar acciones concretas para aumentar la resiliencia bajo el marco del Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático (MMA, 2015), y los Planes Sectoriales de Adaptación en el Sector Silvoagropecuario (Ministerio de Agricultura & MMA, 2013), y Biodiversidad (MMA, 2014).

3.4.2.2 Estrategia Nacional de Cambio Climático y Recursos Vegetacionales (ENCCRV)

La ENCCRV 2017-2025 (CONAF, 2016a) nació como una herramienta para cumplir los compromisos adoptados en la CMNUCC, en relación al combate del cambio climático, la desertificación y la pérdida de biodiversidad, además de la protección, restauración y uso sostenible de ecosistemas (CONAF, 2016a). Esta Estrategia es liderada por el Ministerio de Agricultura y CONAF, constituyéndose en un instrumento de política pública en el ámbito de los recursos vegetacionales nativos, que guía e integra las medidas a adoptar por Chile para la mitigación y adaptación al cambio climático, así como para la lucha contra la desertificación, la degradación de tierras y la sequía (CONAF, 2016a).

El principal objetivo de la ENCCRV es reducir la vulnerabilidad que generan los procesos antes mencionados sobre los recursos vegetacionales y las comunidades que de ellos dependen (CONAF, 2016a). En términos de mitigación, la meta propuesta implica reducir las emisiones de gases de efecto invernadero asociadas con la degradación y deforestación en un 20% al 2025 (período base 2001-2013), además de incrementar la capacidad de los recursos vegetacionales de actuar como sumideros de carbono (CONAF, 2016a).

En términos de adaptación, la meta planteada es intervenir al menos 264.000 hectáreas de recursos vegetacionales entre 2017 y 2025, de forma de disminuir la vulnerabilidad asociada a la degradación de tierras. Los indicadores para su evaluación están relacionados con la biodiversidad, la provisión de servicios ecosistémicos y la productividad de suelos, entre otros (CONAF, 2016a). Esta herramienta se encuentra alineada con los compromisos internacionales de Chile y es uno de los principales medios para materializar los compromisos adquiridos por el país en su NDC (ver sección 3.4.2.1).

3.4.2.3 REDD+ (Reducción de Emisiones por Deforestación, Degradación forestal y Aumento de existencias de carbono)

Este programa de las Naciones Unidas para países en desarrollo nace para apoyar los esfuerzos por reducir las emisiones enfocándose en las siguientes cinco actividades principales: disminuir las tasas de deforestación y degradación forestal, promover la conservación, el manejo sustentable de los bosques y el aumento de los stocks de carbono. Chile, a través de CONAF participa desde el año 2014 (CONAF, 2016b). Para el desarrollo de REDD+ se consideran tres fases, las cuales en Chile han sido adoptadas por la ENCCRV: preparación, implementación y pago por resultados. Para acceder a la fase de pago por resultados, que es donde se compensa a los actores involucrados por las actividades de reducción de emisiones, los países deben cumplir con cuatro requerimientos, los cuales ya han sido cumplidos por nuestro país en 2018. Dichos requerimientos corresponden a: i) Estrategia nacional, donde Chile cuenta con la ENCCRV (CONAF, 2016a); ii) Documento que resuma la forma en que se están abordando y respetando las salvaguardas ambientales y sociales, donde Chile cuenta con el Marco de Gestión Ambiental y Social de la ENCCRV (CONAF, 2018a); iii) Nivel de referencia de emisiones forestales (bosque nativo), donde Chile presentó el primer informe desde las Regiones del Maule a Los Lagos (CONAF, 2016b); y, iv) Sistema nacional de monitoreo forestal que mida, reporte y permita la verificación de resultados de las Estrategias nacionales, donde Chile cuenta con el Sistema de Medición y Monitoreo de la ENCCRV (CONAF, 2018b).

En relación al pago por resultados vinculados a REDD+, se definió un Sistema de Distribución de Beneficios (SDB) para la ENCCRV (CONAF, 2018c). Estos beneficios pueden ser económicos para los propietarios (en dinero), o bien beneficios para la comunidad y el territorio, tales como regularización de la tenencia de la tierra, programas de educación ambiental, recursos para la prevención y control de incendios forestales, extensión y asesoría forestal, entre otros. Este sistema también considera los co-beneficios o servicios ambientales que son propios de las actividades REDD+, tales como aumento de la biodiversidad, cantidad y calidad del agua, entre otros (Guido Aguilera-CONAF, comunicación personal).

El SDB debe ser consultado y fortalecido de forma participativa con actores claves vinculados a los bosques, tales como pueblos indígenas, pequeños propietarios y comunidades rurales. Este proceso participativo se inició en junio de 2019 para cumplir con lo exigido por el Fondo Verde del Clima y el Fondo del Carbono del Fondo Cooperativo del Carbono Forestal (FCPF, Guido Aguilera-CONAF, comunicación personal). Por otra parte, Chile, con apoyo técnico del Banco Mundial está postulando a un Programa de Reducción de Emisiones (PRE) del Fondo del Carbono para la implementación de REDD+ en cinco regiones (Maule a Los Lagos). Este PRE es el que define las primeras acciones de campo con las que se espera reducir emisiones y capturar carbono (CONAF, 2018c). Adicionalmente y para los mismos fines – el de generar pagos por resultados –, se está en tratativas para un probable Acuerdo de Pago por Reducción de Emisiones (ERPA) con el Fondo Verde del Clima a través de la FAO como agencia implementadora, para su aplicación en las mismas regiones antes mencionadas (Guido Aguilera-CONAF, comunicación personal).

Por ahora y como parte de la fase de implementación de la ENCCRV, se están probando distintos proyectos relacionados con las cinco actividades REDD+ para fortalecer los procedimientos que deberán ser utilizados en la etapa de pago por resultados.

3.4.2.4 Política Forestal 2015-2035

La Política Forestal 2015-2035, presentada por el Ministerio de Agricultura en 2016 (CONAF, 2016a), es una iniciativa de política pública que vinculó a distintos actores del sector forestal (organismos públicos, sector productivo, académico y social) de forma de establecer lineamientos para el desarrollo forestal siguiendo criterios de sustentabilidad social, económica y ambiental. Esta Política tiene cuatro ejes estratégicos: i) Institucionalidad Forestal, ii) Productividad y Crecimiento Económico, iii) Inclusión y Equidad Social y iv) Protección y Restauración del Patrimonio Forestal. Si bien esta Política menciona el cambio climático entre los desafíos del sector forestal, no incluye explícitamente la mitigación o adaptación a este fenómeno en sus objetivos relacionados con forestación/restauración y/o manejo de bosques (ejes estratégicos que se tratan a continuación).

Dentro del eje estratégico “Productividad y Crecimiento Económico”, se planteó como meta para el año 2035 la forestación de 500.000 ha con plantaciones en terrenos de aptitud preferentemente forestal de propiedad fiscal o bien pertenecientes a pequeños y medianos propietarios, sin efectuarse la sustitución de bosque nativo (CONAF, 2016c). Dentro de este eje también se planteó la meta de contar con 1.000.000 de ha de bosques nativos manejados de forma sustentable al año 2035 de forma de proveer bienes de alto valor (CONAF, 2016c).

Por otra parte, dentro del eje “Protección y Restauración del Patrimonio Forestal”, se planteó como meta al año 2035 incorporar a procesos de restauración (bajo criterios de protección y conservación) 500.000 ha de terrenos pertenecientes a pequeños y medianos propietarios. Estos terrenos deben encontrarse bajo deterioro, procesos de erosión y/o fragmentados, o con pérdidas de corredores biológicos y disminución de sus servicios ecosistémicos. Esta restauración se realizará principalmente con especies nativas. Por otra parte, se planteó que una superficie de 450.000 ha de bosques nativos en áreas de interés ecológico y cultural (de acuerdo a criterios

de mantención de la biodiversidad, protección de suelos y producción de servicios ecosistémicos) sea sometida a manejo con fines de protección y conservación (CONAF, 2016c). De acuerdo a lo postulado por CONAF (ENCCRV 2016), las medidas de acción propuestas en la ENCCRV se encuentran alineadas con esta Política Forestal.

3.4.2.5 Mercado voluntario del Carbono

La generación de bonos de carbono dentro del mercado voluntario se plasma a través del desarrollo de proyectos individuales, los que según ha sido reportado, pueden tomar desde uno a cinco años y costar entre US\$300 y 500 mil cada uno (Milla et al., 2012). Desde la idea de proyecto hasta la venta de bonos el proceso es largo, involucrando una serie de etapas, que requieren una inversión alta y capacidades técnicas especializadas (Milla et al., 2012).

La única transacción de bonos de carbono exitosa en el sector forestal en Chile ha sido la llevada a cabo por The Nature Conservancy (TNC) en la Reserva Costera Valdiviana (RCV, Región de Los Ríos). Esta institución logró en 2010 la validación y verificación por parte de VCS (Verified Carbon Standard) de 1273 ha bajo la modalidad de deforestación evitada. Esto al renunciar a la ejecución de planes de corta de bosque nativo para sustitución por especies exóticas, de modo de conservar así el carbono almacenado. Esta validación y verificación se renovó el 2015 por cinco años más (Liliana Pezoa-TNC, comunicación personal). Por otra parte, esta superficie dentro de la RCV cuenta además con la verificación del estándar CCB (Climate, Community and Biodiversity Standards), el cual certifica que además de la captura de carbono, se están realizando labores de conservación de la biodiversidad y trabajo de apoyo a comunidades locales. A la fecha prácticamente la totalidad de la superficie verificada se encuentra siendo transada en el mercado (Liliana Pezoa-TNC, comunicación personal).

3.4.3 Perspectivas de la mitigación mediante los bosques nativos y las plantaciones forestales

Mantener el calentamiento global bajo los 1.5°C para evitar nefastas consecuencias climáticas requiere la remoción de enormes cantidades de dióxido de carbono desde la atmósfera, así como también una drástica disminución de emisiones. El Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC por sus siglas en inglés) sugiere que aprox. 730 billones de toneladas de CO₂ deben ser removidos desde la atmósfera al fin de este siglo como plazo máximo. Los bosques y plantaciones deben jugar un rol en este desafío. La captura y fijación de carbono en los ecosistemas está demostrado, es seguro y es en general una alternativa abordable (Lewis et al., 2019). El IPCC sugiere que impulsar la superficie total de bosques a nivel mundial podría almacenar cerca de un cuarto del carbono atmosférico necesario para limitar el calentamiento global a 1.5°C sobre los niveles pre-industriales. Ello implica aumentar cada año sobre 24 millones de hectáreas de bosques desde ahora hasta el año 2030 (Lewis et al., 2019). En este contexto, en el año 2011 el Gobierno alemán y la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza presentaron el Desafío de Bonn (the Bonn Challenge www.bonnchallenge.org), el cual plantea restaurar 350 millones de hectáreas de bosques para el año 2030. Con este objeto, 43 países (como Brasil, India y China) han comprometido cerca de 300 millones de hectáreas de suelos degradados para su restauración. La mitad de esta superficie corresponde al establecimiento de plantaciones forestales de uso industrial. Si bien estas plantaciones pueden apoyar las economías locales, las plantaciones comerciales en general son mucho más pobres en relación al almacenamiento de Carbono que los bosques naturales bien conservados (Lewis et al., 2019). Por ejemplo, los ciclos de corta intensivos, junto con la preparación de los sitios para las nuevas plantaciones, libera a la atmósfera CO₂ almacenado regularmente cada 10–20 años. Por el contrario, los bosques naturales continúan secuestrando carbono durante décadas e incluso siglos (Porter et al., 2016). En estas plantaciones se podría aumentar la cantidad de carbono almacenado por ejemplo con ciclos más largos de corta, utilizando diferentes especies o convirtiendo la madera en productos de mayor duración. Sin embargo, existe una escasa investigación en estos aspectos, en parte porque podría reducir los rendimientos de las plantaciones.

Para detener el calentamiento global, las primeras medidas deben enfocarse en frenar la deforestación, e incentivar el desarrollo de programas de restauración de bosques naturales en suelos degradados, y protegerlos. La regeneración natural de bosques representa la alternativa más barata y técnicamente más sencilla de desarrollar para el almacenamiento de gases de efecto invernadero como el CO₂ (Lewis et al., 2019). En una reciente investigación se sugiere que, en promedio, centrar el cumplimiento de las metas definidas en el Desafío de Bonn en la restauración de bosques naturales permitirían almacenar 40 veces más Carbono que las plantaciones comerciales industriales (Lewis et al., 2019). Más aún, se ha demostrado que bosques adultos de hasta 800 años de edad continúan almacenando carbono, contrario a lo que se plantea comúnmente sobre su carácter “carbono neutral” (Luyssaert et al., 2008). Por otro lado, si bien en Europa luego de dos siglos y medio la superficie cubierta por bosques aumentó en un 10%, y más del 85% de los bosques se encuentran bajo manejo, ello no significó una eliminación neta de CO₂ de la atmósfera. Esto se explica en parte porque la conversión de bosques caducifolios (dominantes hasta mediados del siglo XVIII en este continente) hacia bosques de coníferas dio como resultado cambios en el albedo, la estructura del dosel y la evapotranspiración de la superficie terrestre, lo que contribuyó al calentamiento global en lugar de mitigarlo (Naudts et al., 2016).

En Chile existen actualmente diversas opiniones sobre el rol de las plantaciones industriales de pinos y eucaliptos en la captura y almacenamiento de CO₂. Por un parte, se ha señalado que estas plantaciones nos convertirían como país en un capturador neto de gases de efecto invernadero (El Mercurio, 17 de junio 2019). Estas opiniones a favor del fomento a los monocultivos forestales industriales se alinean con la reciente propuesta de Ley de Restauración Forestal-Ambiental, aún en discusión, la cual considera dichos monocultivos como “restauración”. Al respecto, CONAF de la Región del Ñuble llamó a una licitación pública para reforestar con *Pinus radiata* un área quemada en los incendios del año 2017, llamándole “restauración” (Radio Biobío, 15 de marzo 2019). La restauración de ecosistemas forestales va mucho más allá del mero acto de plantar, ya que su principal objetivo es recuperar la composición, estructura y funcionalidad ecológica de los bosques naturales (Löf et al. 2019). Dicha funcionalidad genera bienes y servicios que se relacionan directa e indirectamente con el bienestar de nuestra sociedad. Las plantaciones forestales en Chile se caracterizan por un método intensivo de manejo, basado en altas densidades de una única especie y de la misma edad, y ciclos cortos de cosecha a tala rasa que pueden superar las 400 ha. A ello es necesario agregar el real peligro que implica un paisaje homogéneo frente a eventos extremos como una mega-sequía, o incendios forestales como los que arrasaron en tan solo dos semanas 468 mil ha en febrero del año 2017, de las cuales 280 mil correspondieron a plantaciones forestales (ver sección 3.2.2.2). En tal contexto, el Estado tiene el deber de velar por el desarrollo sustentable del país y el bienestar de la sociedad, además de cumplir responsablemente con los compromisos internacionales referentes a la mitigación y adaptación al cambio climático. Para ello es básico diseñar e implementar una nueva ley de fomento forestal que de manera clara y decidida se centre en el manejo productivo, en la conservación y en la restauración de los bosques nativos, y que reconozca la diversidad tan propia de nuestro país, implementando medidas aplicables de ordenamiento territorial para hacer frente a los escenarios que nos esperan. Esto permitiría no sólo mitigar los impactos del cambio climático, sino que también contribuir a la calidad de vida de quienes habitan los diferentes territorios.

3.4.4 El Informe del IPCC sobre clima y uso del suelo de agosto de 2019

El informe del IPCC sobre cambio climático y uso del suelo, divulgado el 7 de agosto de 2019, es una gran innovación pues hace un análisis integrado y sistemático de las relaciones entre el cambio climático y el uso de la tierra, la agricultura, los procesos de erosión de suelos y de degradación de tierras y la seguridad alimentaria (IPCC, 2019). El informe es pertinente para los sectores agricultura y uso de la tierra, cambio de uso de la tierra y silvicultura (UTCUTS) mencionado en el recuadro 3.2. y sección 3.4.2.1). Es un documento que se basa en la evidencia científica que llama a actuar con celeridad para limitar el calentamiento global a 1,5°C, en vez de 2°C y evitar el impacto que esto tendría para los ecosistemas y la sociedad. El informe es muy oportuno pues aparece justo en el momento en que Chile y diferentes países inician una discusión sobre la adecuación de las Contribuciones Nacionalmente Determinadas (NDC). El documento ofrece una amplia perspectiva en que plantea evidencias científicas respecto a cuatro temas principales: 1) las personas, la tierra y el clima en un mundo en calentamiento; 2) las opciones de respuesta de adaptación y mitigación; 3) habilitación de capacidades para las opciones de respuesta y 4) las propuestas de acción en el corto plazo. El informe incorpora los compromisos (trade-offs) entre diferentes procesos y opciones y distintos mecanismos de retroalimentación, así como el secuestro de carbono en diferentes ecosistemas y compartimientos (incluido el suelo) y la necesidad de evitar un aumento de emisiones debido a la conversión o degradación de dichos ecosistemas.

El informe hace un análisis de la contribución potencial a escala global de las opciones de respuesta para la mitigación y adaptación al cambio climático, simultáneas con la lucha contra la desertificación y la degradación de tierras y el fortalecimiento de la seguridad alimentaria. De esta forma se analiza en forma integrada la magnitud y costo relativo que tendrían las respuestas de un total de 28 opciones no excluyentes, de las cuales 19 están basadas en el manejo de la tierra y nueve referidas al manejo de la cadena de valor. En relación a las respuestas basadas en el manejo de la tierra, ocho corresponden a agricultura (por ejemplo, aumento de la productividad de alimentos, agroforestería, manejo integrado del agua); dos a bosques (manejo forestal; reducción de deforestación y degradación de bosques); cuatro a suelos (por ejemplo, aumento del contenido de carbono orgánico en el suelo, reducción de la erosión de suelo, reducción de la compactación de suelo) y cinco a otros ecosistemas (ej. manejo del fuego, restauración y reducción de los humedales costeros y las turberas, reducción de deslizamientos y desastres naturales).

Este informe del IPCC deja de manifiesto la estrechez de la perspectiva que ha existido en la definición y discusión respecto a la formulación y adecuación de las NDC por parte del Estado de Chile (ver secciones 3.4.2.1 y 3.4.3).

Según lo indicado, el informe presenta un amplio espectro de opciones de respuesta de mitigación y adaptación basadas en la evidencia científica. Esto es un gran avance y da las bases para proponer y desarrollar medidas con las que Chile se puede comprometer, mucho más diversas y ambiciosas que las actuales y aquellas en discusión por el gobierno, más allá de forestar o manejar o recuperar un cierto número de hectáreas de bosque.

Recuadro 3.4 Bosque nativo, plantaciones forestales, disponibilidad de agua, y las NDC de Chile.

El aumento del área cubierta con bosque nativos o plantaciones forestales en una cuenca tiene asociado un consumo de agua que, generalmente, conlleva a una disminución en su disponibilidad (Andreassian, 2004; Foley et al., 2005). Sin embargo, los impactos de estos dos usos del suelo en la disponibilidad de agua son diferentes.

En base al estudio de parcelas y cuencas pequeñas (<100 ha), se ha reportado que cuencas con mayor superficie de plantación forestal de pinos y eucaliptos (relativo a la superficie de bosque nativo) tienen asociada una menor generación de escorrentía, lo que se explicaría por mayores tasas de evapotranspiración e intercepción (Iroume y Huber, 2002; Huber et al., 2008; Lara et al., 2009; Jones et al., 2016). Por otra parte, cuencas cubiertas por bosque nativo tienen una mayor capacidad de regular los caudales, presentando una menor variabilidad de caudales y mayores caudales de verano, comparadas con aquellas cubiertas por plantaciones forestales (Little et al., 2009).

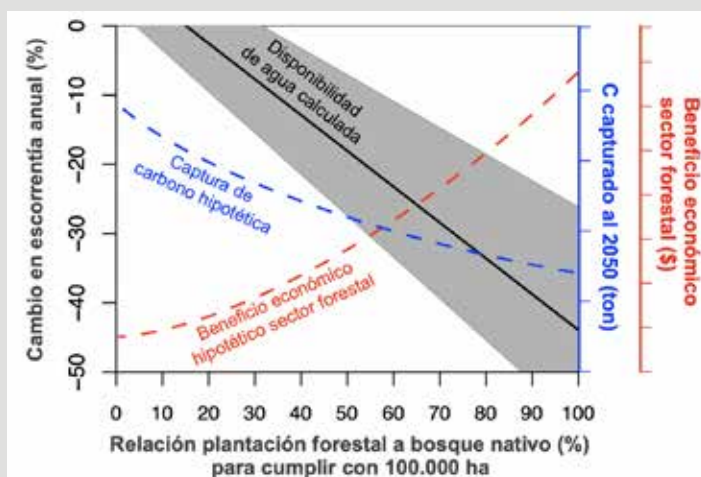
En un estudio de 25 cuencas forestales de mayor escala (áreas en un rango de 21.100 - 1.113.700 ha, con promedio de 135.654 ha) ubicadas entre las regiones del Maule y Los Lagos, se estimaron los impactos de diversas coberturas de suelo (bosque nativo, plantación forestal, matorrales y pastizales) en la generación de escorrentía (Alvarez-Garretón et al., 2019). Mediante un modelo estadístico ajustado al balance de agua anual dentro de las cuencas para los años 2000-2015, se estimó que si el bosque nativo, pastizales y matorrales fueran reemplazados por plantaciones forestales, cada 10.000 ha de reemplazo habría, en promedio, un descenso en la disponibilidad hídrica anual de 5,6%, 5,8% y 3%, respectivamente (Alvarez-Garretón et al., 2019). La magnitud de los cambios estimados depende de factores como la composición inicial de coberturas de suelo dentro de la cuenca y la precipitación, pero más significativamente, depende del área de la cuenca. La disponibilidad hídrica de cuencas pequeñas es más sensible a cambios en la cobertura de suelo, y la disminución de escorrentía se exagera aún más durante los años secos.

Proyectando los impactos en la disponibilidad de agua que tendría una de las estrategias de mitigación del cambio climático que Chile incluyó en sus NDC (Compromisos Nacionalmente Determinados), se estimaron los cambios en escorrentía que ocurrirían después de forestar 100.000 ha, inicialmente cubiertas por matorrales y pastizales, con distintas combinaciones de plantación forestal y especies arbóreas nativas (Alvarez-Garretón et al., 2019).

Si la mitad del área comprometida se foresta con especies nativas destinadas a generar bosques nativos que mantengan una cobertura permanente (sin talas rasas) y la otra mitad con plantación forestal sujeta a cosechas a tala rasa en rotaciones cortas (por ejemplo 12-18 años), se espera, en promedio, un descenso de 18% en la escorrentía anual (Figura 1). La escorrentía proyectada decrece a mayor área cubierta con plantación forestal, llegando a un 40% de disminución de escorrentía cuando el 90% de las 100.000 ha se cubre con plantación forestal (y un 10% con bosque nativo). Bajo cualquier combinación de especies plantadas, la disminución en disponibilidad de agua sería mayor si se foresta en cuencas pequeñas (representada por los percentiles bajos de la curva).

Se concluye que al momento de planificar con cuáles especies y objetivos se debería forestar el paisaje para cumplir con las metas de mitigación de las NDC, es necesario contemplar el impacto que esto tendría en la disponibilidad de agua, además de la captura de carbono y rentabilidad económica para la industria forestal, como se sugiere en la Figura 1. En el diseño de la adecuación de las NDC que hará Chile ante la COP25 de diciembre de 2019 se debe incorporar el impacto que pueden tener las medidas para incrementar la captura de carbono en la escorrentía, la cual determina los caudales. Es necesario buscar diseños de NDC que compatibilicen la mitigación del cambio climático con la disponibilidad de agua para la sociedad y para los ecosistemas.

Figura 1: Variación en escorrentía anual bajo diferentes combinaciones de especies arbóreas utilizadas para cumplir con la estrategia de mitigación de forestar 100.000 ha, propuesta en la NDC (el área gris corresponde a los percentiles 25% y 75%).



Nota: La línea punteada azul es una línea esquemática de la potencial captura de carbono al año 2050 en base a las especies plantadas, bajo el supuesto de que las especies exóticas estarían sujetas a una rotación de 12 a 18 años (y por lo tanto el carbono capturado se liberaría parcialmente de vuelta a la atmósfera, mientras que las plantaciones con especies nativas estarían destinadas a generar bosques nativos que mantengan una cobertura permanente, sin talas rasas). La línea punteada roja es una línea esquemática del potencial beneficio económico del sector forestal, asociado a las talas rasas de especies exóticas. Adaptado de Alvarez-Garretón et al. (2019).

Camila Alvarez,
Centro de Ciencia del Clima
y la Resiliencia (CR)2 y
Universidad Austral de Chile

3.5 CONCLUSIONES

A pesar de las diferencias en el área total de bosque nativo, las fuentes gubernamentales y académicas coinciden en documentar tasas importantes de destrucción y degradación del bosque nativo en Chile. Según las cifras oficiales de CONAF, en el período 1995-2016 ha habido una pérdida total de 242.500 ha (promedio 11.500 ha anuales) que han sido reemplazadas principalmente por matorrales, plantaciones forestales y terrenos agropecuarios debido a la acción antrópica. Otras fuentes han estimado esta pérdida promedio en 23.000 y 19.000 ha al año para el período total que va entre 1986 y 2011. Si se suman estas áreas de pérdida a aquellas afectadas por

incendios y degradadas anualmente por ganadería, cortas selectivas (floreo) y otras causas informadas por CONAF, se llega a un total de 60.000 a 71.000 ha anuales durante las últimas dos o tres décadas. En esta estimación es necesario considerar que probablemente hay un grado de sobreposición entre estos diferentes factores, el cual no ha sido estudiado. Tampoco incluye las áreas en que el bosque nativo ha regenerado desde otros usos del suelo. El análisis anterior demuestra como diversas amenazas están impactando fuertemente al bosque nativo y comprometiendo su conservación, biodiversidad y los diversos servicios ecosistémicos que prestan a la sociedad.

Por lo tanto, se recomienda que CONAF como institución encargada de la actualización y monitoreo de la cobertura de bosque nativo convoque a la constitución de un panel de especialistas de diferentes instituciones gubernamentales, académicas, consultores, empresas y organizaciones de la sociedad civil. El rol de este panel de carácter permanente debiera ser la definición de una metodología de monitoreo, registro de los cambios en la cobertura forestal. Es necesario abordar el estudio de las interrelaciones entre los incendios y los posteriores cambios en la cobertura vegetal y uso del suelo de las áreas quemadas a fin de determinar el grado de traslapo entre incendios y pérdida de bosques nativos. Esto además de la validación de los informes de monitoreo de la cobertura de los bosques nativos y otros usos del suelo bajo la responsabilidad de CONAF. Esta recomendación ya fue hecha en el Informe País 2015 y en otras instancias, sin que hasta el momento haya sido considerada.

En la última década se ha registrado un importante incremento en el área afectada por incendios para todos los tipos de vegetación, lo cual está asociado a la megasequía iniciada en 2010. En las temporadas 2014-15 y 2015-16 se quemaron en conjunto alrededor de 250.000 ha. La temporada 2016-17 con 570.197 ha quemadas batió todos los registros superando en 10 veces el promedio histórico quemado (c. 54.500 ha/año entre 1976-77 y 2015-16). El área del bosque nativo que ha sido afectada por incendios en la década 2008-2018 es cercana a 20.000 ha al año, lo que se explica en parte por los incendios de la temporada 2016-2017 en que dicha cifra fue de 90.000 ha. Casi la totalidad de los incendios de causa conocida son ocasionados en forma accidental o intencional por las personas.

El área de plantaciones afectada por incendios ha aumentado a una tasa más rápida que el incremento en el área de este tipo de vegetación. En el período 1998 a 2008 los incendios afectaron anualmente a un 0,5% del área total de plantaciones, mientras que en el período 2008-2018 dicha cifra aumentó a un 1,5%. Para los otros usos del suelo estos indicadores que eran cercanos a 0,25% en el período 1998-2008 aumentaron a 0,4% para bosques nativos y pastizales y a 0,6% en el caso de los matorrales para el período 2008-2018. Estos resultados son una evidencia de que las plantaciones se han vuelto cada vez más propensas a los incendios, en comparación con otros usos del suelo. Lo anterior puede explicarse debido a la mayor inflamabilidad de los pinos y eucaliptos comparados con los árboles nativos y la creciente homogeneidad de los paisajes dominados por plantaciones continuas a menudo de la misma edad, con mayor carga de combustible comparado con otros usos del suelo e insuficientes cortafuegos, entre otros factores.

Las causas de degradación más comunes en los ecosistemas forestales del país son la corta selectiva sin criterios de sustentabilidad (floreo) y ganadería. Para las regiones de Maule a Los Lagos oficialmente se ha estimado un total de 383.816 ha de bosques degradados en el período 2001-2010. El impacto de la ganadería en los ecosistemas forestales, es principalmente la disminución de la riqueza de especies y densidad de la regeneración arbórea y del sotobosque, así como el deterioro en la calidad de agua cuando la degradación ocurre en los bosques ribereños. Lo anterior compromete la integridad de estos ecosistemas y su capacidad de brindar bienes y servicios ecosistémicos. Las unidades del SNASPE y las áreas protegidas privadas también están expuestas a degradación por ganado. La degradación de bosques ha sido identificada como una de las fuentes importantes de emisiones de GEI que deben ser reducidas a través de la restauración y recuperación de bosques, así como del uso de una carga animal controlada y manejo adecuado del ganado.

La madera del bosque nativo se destina principalmente a la producción de leña alcanzando anualmente 7.5 millones de metros cúbicos, lo que representa un 96% del total. El restante 4% (278 mil m³ anuales) lo consume la industria de la madera aserrada, tableros y chapas. Entre 1991 y 2017 el consumo de madera nativa utilizada como leña aumentó a una tasa anual de 0,5% mientras que la utilizada con fines industriales cayó en un 9% anual en dicho período. La producción de trozas de madera nativa para la industria forestal se hizo cada vez más compleja por el agotamiento de los bosques de una calidad maderable en lugares fácilmente accesibles y el aumento de los costos de producción en relación a la madera de pino y otras especies exóticas.

La presión derivada del aprovechamiento de los bosques nativos para la producción de leña, varía dentro de un rango amplio que va desde un impacto muy bajo o nulo en el caso de las familias campesinas que cosechan y consumen leña en sus propiedades, hasta un impacto significativo en el caso de productores de leña a gran escala, que intervienen severamente los bosques sin criterios de manejo sustentable para abastecer a las ciudades. La degradación de estos bosques se ve intensificada por una fuerte presión de pastoreo por ganado vacuno. En ciertos casos, la leña producida en operaciones a gran escala proviene de áreas habilitadas para la ganadería, sustitución por plantaciones, expansión de tierras agrícolas o desarrollo de infraestructura.

El consumo de leña de especies exóticas ha tenido un mayor crecimiento que el de especies nativas para el período 1985-2017. Si estas tendencias se mantienen cabe esperar que la importancia relativa del bosque nativo en el abastecimiento de leña disminuya. Esto, en la medida que exista suficiente disponibilidad de biomasa barata proveniente de plantaciones forestales, desechos del manejo de plantaciones y actividades agrícolas, y si además se acentúan los problemas de agotamiento de stocks en los bosques nativos derivados de su pérdida y degradación.

Desde el año 2008 Chile cuenta con un instrumento específico para promover el manejo sustentable, la recuperación y la preservación de las especies amenazadas del bosque nativo con la promulgación de la Ley de Recuperación del Bosque Nativo y Fomento Forestal (Ley N° 20.283). Mediante esta ley, entre 2010 y 2018 CONAF ha entregado más de cuatro mil bonificaciones a propietarios que han postulado y ganado los concursos que esta institución organiza anualmente. El área total bonificada puede estimarse en 35.000 hectáreas, con un monto total de bonificaciones de 6.676 millones de pesos durante este período. El 84% del monto bonificado se ha destinado a producción maderera, el 14% a producción no maderera y el 2% a preservación.

La implementación de la ley ha enfrentado serias limitaciones y dificultades y ha tenido un impacto menor al esperado. Esto se explica en gran parte debido a que los propietarios a quienes se les aprueban las bonificaciones mediante concurso, deben ejecutar las intervenciones comprometidas con fondos propios y recuperar un monto que cubre parte de los costos después de dos o tres años. Lo anterior para muchos propietarios no es viable y no existe una línea de créditos de enlace por parte del Estado. Lo anterior se ha traducido en una baja ejecución del presupuesto asignado a CONAF para el pago de bonificaciones, que ha sido de un 26,3% para el período 2010 y 2018, razón por la cual éste se ha sido reducido gradualmente desde US \$ 10 millones en 2010 a US \$ 2,6 millones en 2018.

Se requiere que el Estado haga una evaluación integral y participativa de las bonificaciones de la ley N° 20.283 la cual considere: i) las razones que explican una baja ejecución del presupuesto destinado a las bonificaciones, ii) la efectividad de las intervenciones para obtener el efecto que promueve la ley (manejo sustentable, recuperación de bosques degradados y preservación de especies amenazadas), y iii) la generación de externalidades ambientales y sociales, a través de una serie de indicadores. Lo anterior es clave para la rectificación de los procedimientos de la actual ley de bosque nativo y para el diseño de modificaciones o de nuevos instrumentos de fomento que se están discutiendo en el marco de la adecuación de las NDC en el caso de los bosques nativos.

Además de los impactos sobre los bosques nativos debido a incendios, cambio de uso del suelo, y degradación por cortas selectivas y ganadería, estos ecosistemas han aumentando su vulnerabilidad ante el cambio climático. Esto ha sido documentado para diversas regiones del planeta y para diferentes tipos de bosques en Chile, desde la zona mediterránea hasta la Patagonia y en áreas adyacentes de Argentina. Los impactos del cambio climático en los bosques nativos incluyen reducciones de crecimiento, disminución del verdor y vigor asociado (browning) capturada por imágenes satelitales, aumento de daños en la copa y pérdida de follaje, mortalidad de parches completos, disminución del desempeño ecofisiológico, aumento del stress hídrico y aumento de la intensidad del ataque de agentes bióticos.

La megasequía que está experimentando Chile central desde 2010 está aumentando la vulnerabilidad de los bosques nativos. Se ha estimado que un 25% del déficit hídrico de esta sequía es de origen antropogénico derivado del aumento de las emisiones de CO₂. También se proyecta un aumento de la persistencia y recurrencia de las sequías en esta región como un escenario realista bajo la actual trayectoria socioeconómica a nivel global. Por lo tanto, es una evidencia robusta de la necesidad de que Chile contribuya a la meta de limitar el calentamiento global a 1,5° C y comprometa la reducción de emisiones de CO₂ y mitigación desde los ecosistemas forestales, los cuales están aumentando su vulnerabilidad al cambio climático. La mayor vulnerabilidad y deterioro en el desempeño de los bosques nativos reduce su potencial de remover y secuestrar CO₂ y por el contrario aumenta sus emisiones. Esto ha sido documentado para amplias zonas del planeta y se generan circuitos de retroalimentación que agravan el problema del cambio climático y se reduce el potencial de acciones de mitigación a nivel global.

Respecto al cambio climático y su mitigación, Chile adquirió dos compromisos ante el IPCC como Contribución Nacionalmente Determinada (National Determined Contribution, NDC). Primero el manejo sustentable y recuperación de 100.000 hectáreas de bosque nativo, lo que permitiría capturar y reducir los gases de efecto invernadero en cerca de 600.000 toneladas de CO₂ equivalentes al año, desde 2030. Por otra parte, Chile se comprometió a la forestación de 100.000 hectáreas, mayoritariamente con bosque nativo, lo cual implicará capturas de entre 900.000 y 1.200.000 toneladas de CO₂ equivalentes, desde el año 2030. Ambos compromisos están supeditados a la modificación o generación de nueva legislación. Actualmente el gobierno de Chile está estudiando la adecuación de estas NDC. No obstante, estos compromisos parecen insuficientes y están contruidos desde una perspectiva estrecha que es necesario ampliar.

Se ha documentado que diversos tipos de bosques nativos representan importantes reservorios de Carbono y con una alta capacidad de absorción de CO₂. Dentro del Inventario Nacional de Gases de Efecto invernadero (GEI) el Instituto Forestal (INFOR) usando la metodología y estándares del IPCC estima que el incremento de biomasa de 5,6 millones de ha de bosques nativos gestionados, en

recuperación o incluidos en el Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas (SNASPE) implicó la absorción de -81.194 k ton de CO₂ equivalentes en 2016. Restadas las pérdidas por incendios y extracción de trozas, el balance es de -71.128 k ton de CO₂ equivalente para el bosque nativo para dicho año. Esto indica que, según cifras oficiales, los bosques nativos son la principal fuente de remoción de gases de efecto invernadero y en la mitigación del cambio climático en Chile. Dichas estimaciones demuestran la importancia de los bosques nativos en el servicio ecosistémico de captura de carbono y regulación climática. Lo anterior indica la necesidad de que el Estado de Chile desarrolle políticas y adecúe sus NDC de tal manera que estos compromisos den una alta prioridad a la conservación, manejo sustentable, y restauración del bosque nativo.

Por otra parte, debido a la importancia de los bosques nativos en el Inventario Nacional de GEI, se sugiere que el INFOR convoque a un mayor número de expertos de la academia y otros ámbitos. Esto permitiría aprovechar las capacidades humanas y redes de colaboración para el cálculo de los balances para los bosques nativos, plantaciones forestales y conversión a otros usos del suelo según la metodología del IPCC. Lo anterior sería un aporte al mejoramiento continuo de las estimaciones, al incorporar con agilidad la información que está siendo generada en la academia y en otras fuentes respecto a crecimiento, sanidad, stocks y balances anuales de carbono. El mejoramiento en el monitoreo del sector uso de la tierra, cambio de uso de la Tierra y silvicultura (UTCUTS) dentro del Inventario de GEI es esencial para la adecuación periódica de las medidas de mitigación.

El informe del IPCC sobre cambio climático y uso del suelo publicado en agosto de 2019 representa una innovación significativa ya que hace un análisis integrado y sistémico de las relaciones entre el cambio climático y el uso del suelo, la agricultura, los procesos de erosión de suelos, degradación de tierras y la seguridad alimentaria. El documento es muy oportuno pues aparece justo en el momento en que Chile y diferentes países propondrán la adecuación de sus respectivas NDC a comprometer en la conferencia COP25 a realizarse en diciembre de 2019. El informe del IPCC analiza en forma integrada la magnitud y costo relativo que tendrían las respuestas a un total de 28 opciones de mitigación y adaptación al cambio climático, las cuales no son excluyentes, sino en muchos casos complementarias. Estas opciones incluyen, por ejemplo, aumento de la productividad alimentaria, agroforestería, manejo integrado del agua, manejo forestal, reducción de deforestación y degradación de bosques. Otras opciones son el aumento del contenido de carbono orgánico en el suelo, reducción de la erosión y de la compactación del suelo, manejo del fuego, restauración y reducción de la degradación de humedales costeros y turberas.

Dentro de este contexto, y a partir del análisis efectuado en este capítulo se propone una serie de principios que debieran considerarse en el diseño de la NDC a comprometer por Chile. Estos principios se refieren a priorizar los bosques nativos para aumentar la captura y secuestro de carbono en el largo plazo, disminuir las emisiones de carbono a través de la reducción del área afectada por incendios forestales, disminuir la conversión de bosques nativos a otros usos del suelo y la degradación de bosques. También se propone evaluar previamente los impactos negativos y trade-offs (compromisos) de acciones de mitigación que buscan aumentar la captura y secuestro de carbono. Estos potenciales impactos negativos incluyen la reducción de caudales, de la biodiversidad y efectos sociales no deseados.

Los incendios son probablemente la principal amenaza para los bosques nativos y una de las fuentes importantes de emisiones de CO₂ según el Inventario Nacional de GEI. Por lo tanto, se propone que Chile comprometa dentro de su NDC prevenir y reducir efectivamente el riesgo y ocurrencia de incendios. Las acciones para lograr esto incluyen educar a la población para reducir las igniciones y a través del ordenamiento territorial generar paisajes más heterogéneos que disminuyan el riesgo de propagación de los incendios. Otras medidas serían promover, a través de diversos instrumentos, la silvicultura preventiva (podas, disminución de carga y continuidad de la biomasa combustible de las plantaciones, la mantención de cortafuegos, y líneas de transmisión eléctrica y el control de especies invasoras adaptadas al fuego. Estas acciones coinciden con el manejo del fuego planteada como una medida de adaptación y mitigación propuesta por el IPCC en su informe sobre cambio climático y uso del suelo.

Respecto a otros ecosistemas naturales que constituyen importantes reservorios de carbono, que debieran incorporarse a la NDC el poner fin a la intervención, degradación y conversión de turberas a otros usos del suelo. Esto a través de modificaciones legales, creación de nuevas áreas protegidas en áreas amenazadas sin protección, establecimiento de impuestos e investigación de estos ecosistemas insuficientemente conocidos. El reglamento de extracción de Sphagnum implementado por el SAG en 2018 (Ministerio de Agricultura, 2017) es un avance, pero debe haber medidas mucho más enérgicas para resguardar este importante reservorio de carbono y agua. El servicio ecosistémico expresado como emisión evitada de CO₂, además de la regulación de los flujos hídricos, justifican plenamente la protección absoluta de las turberas. En forma análoga se debieran proteger los demás tipos de humedales y fomentar su restauración, lo cual también es una de las opciones de medidas de mitigación mencionadas en el informe del IPCC sobre cambio climático y uso del suelo. Además, se requiere la modificación del Reglamento de Suelo Aguas y Humedales de la Ley de Recuperación del Bosque Nativo y Fomento Forestal (Ley N° 20.283), de tal manera de proteger todas las turberas y humedales, modificando el reglamento actual que incluye solamente a los 14 humedales clasificados como sitios de la Convención Ramsar.

AGRADECIMIENTOS

A Manuel Soler, consultor forestal, quien nos proporcionó información relevante para el documento. A Yasna Rojas, Camila Alvarez-Garretón, Enrique Cruz y colaboradores por contribuir con sus respectivos recuadros. Se agradece el apoyo de los siguientes proyectos: CONICYT/FONDAP No 15110009, FONDECYT No 1171496, FONDECYT No 1171445, Proyectos PCI de Redes Internacionales CONICYT-REDI170117, PAI CONICYT Inserción en el Sector Productivo 7818I20003 y proyecto Semilla-Universidad de Aysén.

3.6 BIBLIOGRAFÍA

- -Aguayo, M., Pauchard, A., Azocar, G., Parra, O. (2009). Land use change in the south central Chile at the end of the 20th century. Understanding the spatio-temporal dynamics of the landscape. *Revista Chilena de Historia Natural* 82(3):361-374. doi:10.4067/S0716-078X2009000300004
- -Altamirano, A., Lara, A. (2010). Deforestation in temperate ecosystems of pre-Andean range of south-central Chile. *Bosque* 31:53-64. doi:10.4067/S0717-92002010000100007.
- -Altamirano, A., Aplin, P., Miranda, A., Cayuela, L., Algar, A., Field, R. (2013). High rates of forest loss and turnover obscured by classical landscape measures. *Applied Geography* 40: 199-211.
- -Altamirano et al.(en preparación). Tree plantations and the natural South American temperate forests: differencing forest loss in a global biodiversity hotspot
- Álvarez C., Veblen, T.T., Christie, D.A., González-Reyez, A. (2015). Relationships between climate variability and radial growth of *Nothofagus pumilio* near altitudinal treeline in the Andes of northern Patagonia, Chile. *Forest Ecology and Management* 342, 112-12.
- -Alvarez-Garretón, C.; Lara, A.; Boisier, J.P.; Galleguillos, M. (2019). The Impacts of Native Forests and Forest Plantations on Water Supply in Chile. *Forests* 10, 473.
- -Anderegg, W., Kane, J., Anderegg, L. (2012). Consequences of widespread tree mortality triggered by drought and temperature stress. *Nature Climate Change* 10.1038/nclimate1635.
- -Andreassian, V. (2004). Waters and forests: From historical controversy to scientific debate. *Journal of Hydrology*. 291, 1-27.
- -Armesto, J.J., Manuscevic, D., Mora, A., Smith-Ramírez, C., Rozzi, R., Abarzúa, A.M., Marquet, P. (2010). From the Holocene to the Anthropocene: a historical framework for land cover change in southwestern South America in the past 15,000 years. *Land Use Policy* 27:148-160. doi:10.1016/j.landusepol.2009.07.006.
- -Astorga, A., Moreno, P.C., Reid, B. (2018). Watersheds and Trees Fall Together: An Analysis of Intact Forested Watersheds in Southern Patagonia (41-56° S). *Forests* 9, 385. doi:10.3390/f9070385.
- -Bahamóndez, C., Martin, M., Müller-Using, S., Rojas, Y., Vergara, G. (2009). Case Studies on Measuring and Assessing Forest Degradation: an Operational Approach to Forest Degradation. *Forest Resources Assessment Working Paper* 158. FAO, Rome, Italy. [online] URL: <http://www.fao.org/docrep/012/k7177e/k7177e00.pdf>.
- -Bailis, R., Drigo, R., Ghilardi, A., Masera, O. (2015). The carbon footprint of traditional woodfuels. *Nature Climate Change* 5, 266-72.
- -Baldini, A., J. Oltremari, and M. Ramírez. (2008). Impacto del castor (*Castor canadensis*, Rodentia) en bosques de lenga (*Nothofagus pumilio*) de Tierra del Fuego, Chile. *Bosque* 29:162-169.
- -Bannister, J., Kremer, K., Carrasco-Farías, N., Galindo, N. (2017). Importance of structure for species richness and tree species regeneration niches in old-growth Patagonian swamp forests. *Forest Ecology and Management* 401, 33-44.
- -Becerra-Rodas, C., Little, C., Lara, A., Sandoval, J., Osorio, S., & Nimptsch, J. (2019). The Role of Streamside Native Forests on Dissolved Organic Matter in Forested and Agricultural Watersheds in Northwestern Patagonia. *Forests*, 10(7), 595.
- -Bensel, T. (2008). Fuelwood, deforestation, and land degradation: 10 years of evidence from Cebu Province, The Philippines. *Land Degradation and Development* 19, 587-605.
- -Bey, A., Sánchez-Paus, A., Maniatis, D., Marchi, G., Mollicone, D., Ricci, S., Bastin, J., Moore, R., Federici, S., Rezende, M., Patriarca, C., Turia, R., Gamoga, G., Abe, H., Kaidong, E., Miceli, G. (2016). Collect Earth: Land Use and Land Cover Assessment through Augmented Visual Interpretation. *Remote Sensing* 8: 807. doi:10.3390/rs8100807.
- -Boisier, J.P., Rondanelli, R., Garreaud, R.D. and Muñoz, F. (2016). Anthropogenic and natural-contributions to the Southeast Pacific precipitation decline and recent megadrought in central Chile. *Geophysical Research Letters* 43(1): 413-421. DOI: <https://doi.org/10.1002/2015GL067265>
- -Bucci, S.J., Scholz, F.G., Campanello, P.I., Montti, L., Jiménez-Castillo, M., Rockwell FA., Manna, L.L., Guerra, P., Bernal, P.L., Troncoso, O., Enricci, J., Holbrook, M.N., Goldstein, G. (2012). Hydraulic differences along the water transport system of South American *Nothofagus* species: do leaves protect the stem functionality? *Tree Physiology* 32, 880-893.
- -Camarero, J.J. & Fajardo, A. (2017). Poor acclimation to current drier climate of the long-lived tree species *Fitzroya cupressoides* in the temperate rainforest of southern Chile. *Agricultural and Forest Meteorology* 239:141-150.
- -Camarero, J.J., Gazol, A., Sangüesa-Barreda, G., Fajardo, A. (2018). Coupled climate-forest growth shifts in the Chilean Patagonia are decoupled from trends in water-use efficiency. *Agricultural and Forest Meteorology* 259:222-231.
- -CIREN-CONAF. (2013). Monitoreo de cambios, corrección cartográfica y actualización del catastro de bosque nativo en las regiones de Valparaíso, Metropolitana y Libertador Bernardo O'Higgins. Santiago, Chile.
- -CNE (1991). Comisión Nacional de Energía. Balance de Energía 1971-1990. Santiago de Chile.
- -Cóbar-Carranza, A.J., R. A. García, A. Pauchard, E. Peña. (2014). Effect of *Pinus contorta* invasion on forest fuel properties and its potential implications on the fire regime of *Araucaria araucana* and *Nothofagus antarctica* forests. *Biological Invasions*. DOI 10.1007/s10530-014-0663-8
- -CONAF (1999). "Decreto Ley N° 701 sobre fomento forestal y Ley de Bosques" Corporación Nacional Forestal, 76 Págs. Santiago, Chile.
- -CONAF-CONAMA-BIRF. (1999). Catastro y evaluación de recursos vegetacionales nativos de Chile. Ministerio de Agricultura. Santiago, Chile.
- -CONAF, UACH (2000). Monitoreo y Actualización de la información de uso actual del suelo en la VII Región.
- -CONAF, UACH, INFOR. (2001a). Monitoreo y Actualización Catastro de Uso del Suelo y Vegetación. V Región.
- -CONAF, UACH, INFOR. (2001b). Actualización Catastro de Uso del Suelo y Vegetación. RM.
- -CONAF, UACH, INFOR (2001c). Monitoreo y Actualización Catastro del Uso del Suelo y Vegetación. VI Región.
- -CONAF, UACH, CONAMA (2006). Monitoreo y Actualización Catastro del Uso del Suelo y Vegetación, Región de Magallanes y La Antártica Chilena.
- -CONAF, UACH, CONAMA (2008a). Catastro de Uso del Suelo y Vegetación Monitoreo y Actualización, Región de Los Ríos.
- -CONAF, UACH, CONAMA (2008b). Catastro del Uso del Suelo y Vegetación Monitoreo y Actualización, Región de Los Lagos.
- -CONAF, UACH, CONAMA (2009a). Monitoreo de Cambios, Corrección Cartográfica y Actualización del Catastro de Bosque Nativo en la VIII Región del Biobío.
- -CONAF, UACH, CONAMA (2009b).Catastro del Uso del Suelo y Vegetación Monitoreo y Actualización. Región de La Araucanía.
- -CONAF (2011). Catastro de Los Recursos Vegetacionales Nativos de Chile: Monitoreo de Cambios y Actualizaciones, Período 1997-2011. Corporación Nacional Forestal. Corporación Nacional Forestal
- -CONAF, UACH (2012). Monitoreo de Cambios, Corrección Cartográfica y Actualización del Catastro de Bosque Nativo en la XI Región de Aysén, Región de Aysén.
- -CONAF (2016a). Nivel de Referencia de Emisiones Forestales/Nivel de Referencia Forestal Subnacional de Chile NREF/NRF. Santiago, Chile. 125 pp.

- -CONAF (2016b). Estrategia Nacional de Cambio Climático y Recursos Vegetacionales ENCCRV. Santiago, Chile. ISBN 978-956-7669-57-8, 239 pp.
- -CONAF (2016c). Política Forestal 2015-2035. Santiago, Chile. 75 pp.
- -CONAF. (2017a). Análisis de la Afectación y Severidad de los Incendios Forestales ocurridos en enero y febrero de 2017 sobre los usos de suelo y los ecosistemas naturales presentes entre las regiones de Coquimbo y Los Ríos de Chile. Informe Técnico. 56 p. Santiago, Chile.
- -CONAF (2017b). Monitoreo de cambios, corrección cartográfica y actualización del catastro de los recursos vegetacionales nativos de la región de Biobío.
- -CONAF (2018a). Monitoreo de cambios, corrección cartográfica y actualización del catastro de los recursos vegetacionales nativos de la región del Maule.
- -CONAF (2018b). Sistema de Medición y Monitoreo de la Estrategia Nacional de Cambio Climático y Recursos Vegetacionales. Santiago, Chile. 72 pp.
- -CONAF (2018c). Sistema de Distribución de Beneficios de la Estrategia Nacional de Cambio Climático y Recursos Vegetacionales. Santiago, Chile. 74 pp.
- -CONAF. (2019a). Cifras oficiales Catastros Usos de Suelo y Recursos Vegetacionales noviembre de 2018. Consultado el 20 de agosto de 2019. <http://sit.conaf.cl/>.
- -CONAF. (2019b). Proyecto de Ley Restauración Forestal y Adaptación al Cambio Climático. Presentación del Director Ejecutivo de CONAF, 14 de Mayo de 2019.
- -CNE (Comisión Nacional de Energía). (1991). Balance de Energía 1971-1990. Santiago de Chile.
- -CR2. 2015. La Megasequía 2010-2015: una lección para el futuro. Informe a la Nación.
- Centro de Ciencia del Clima y la Resiliencia. <http://www.cr2.cl/wp-content/uploads/2015/11/InformeMegasequia>
- -Cruz-Tagle, E., Becerra-Rodas, C., Lara, A. (2019). Impacto de la ganadería y la tala sobre los bosques nativos de conservación y el servicio ecosistémico de calidad de agua a escala de cuencas. Informe Final Proyecto del Fondo Investigación Bosque Nativo 020/2016.
- -Curtis, P.G., Slay, C.M., Harris, N.L., Tyukavina, A., Hansen, M.C. (2018). Classifying drivers of global forest loss. *Science* 361, 1108–1111.
- -Domínguez, E., Bahamonde, N., Muñoz-Escobar, C. (2012). Efectos de la extracción de turba sobre la composición y estructura de una turbera de Sphagnum explotada y abandonada hace 20 años, Chile. *Anales Instituto Patagonia* 40(2), 37-45.
- -Díaz, M.F., Silva, W. (2012). Improving harvesting techniques to ensure Sphagnum regeneration in Chilean peatlands. *Chilean journal of agricultural research* 72(2), 296-300.
- -Donoso, C., Lara, A. (1995) Utilización de los bosques nativos en Chile: pasado, presente y futuro. In: Armesto J, Villagrán C, Arroyo M (eds) *Ecología de los bosques nativos de Chile*. Editorial Universitaria, Santiago, pp 363–387.
- -Diario Austral de Los Ríos. (2019). Sequía y muerte de árboles son efectos del cambio climático que se hacen sentir en Los Ríos. Noticia publicada en El Diario Austral de Los Ríos, 17 de mayo de 2019.
- -Echeverría, C., Coomes, D., Salas, J., Rey-Benayas, J.M., Lara, A., Newton, A. (2006) Rapid deforestation and fragmentation of Chilean temperate forests. *Biological Conservation* 130:481–494. doi:10.1016/j.biocon.2006.01.017
- -Echeverría, C., Newton, A., Nahuelhual, L., Coomes, D., Rey-Benayas, J.M. (2012) How landscapes change: integration of spatial patterns and human processes in temperate landscapes of southern Chile. *Applied Geography* 32:822–831. doi:10.1016/j.apgeog.2011.08.014
- -El Mercurio. (2019a). Árboles siempreverdes se secan a un ritmo preocupante en los alrededores de Santiago. Noticia publicada en la Sección Vida-Ciencia-Tecnología de Diario El Mercurio, 13 de mayo de 2019.
- -El Mercurio. (2019b) Crecer de manera sustentable ya no es una opción, es un imperativo ético. Noticia publicada el 17 de junio de 2019.
- -El Mostrador. (2017). Estudio revela que araucarias están muriendo de hambre por cambio climático: El fenómeno es llamado Carbon Starvation (régimen de hambre). Noticia publicada en Diario El Mostrador, 11 de enero de 2017.
- -El Mostrador. (2019). Rojas, M., Miranda, A., Lara, A. El papel de los bosques frente al cambio climático. <https://www.elmostrador.cl/noticias/opinion/2019/04/26/el-papel-de-los-bosques-frente-al-cambio-climatico/26> de abril de 2019
- -Estay, S., Chávez, R., Rocco, R., Gutiérrez, A. (2019). Quantifying massive outbreaks of the defoliator moth *Ormiscodes amphimome* in deciduous *Nothofagus* dominated southern forests using remote sensing time series analysis. *Journal of Applied Entomology* 1-10. DOI: 10.1111/jen.12643
- -Fajardo, A., Gazol, A., Mayr, C., Camarero, J.J. (2019). Recent decadal drought reverts warming triggered growth enhancement in contrasting climates in the southern Andes tree line. *Journal of Biogeography* 00:1-13.
- -FAO. (Food and Agriculture Organization of the United Nations, IT). (2011). Assessing forest degradation. Towards the development of globally applicable guidelines. Forest Resources Assessment Working Paper 177. Rome, Italy.
- -FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations, IT). (2015). Global Forest Resources Assessment. Roma, Italia. 245 p.
- -FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). (2016). Global Forest Resources Assessment 2015. How are the World's Forests Changing? Roma, Italia. 54 p.
- -Foley, J.A., DeFries, R., Asner, G.P., Barford, C., Bonan, G., Carpenter, S.R., Chapin, F.S., Coe, M.T., Daily, G.C., Gibbs, H.K.; et al. (2005). Global Consequences of Land Use. *Science*, 309, 570–574.
- -Garreaud, R., Alvarez-Garretón, C., Barichivich, J., Boisier, J.P., Christie, D.A., Galleguillos, M., Le Quesne, C., McPhee, J., Zambrano-Bigiarini, M. (2017). The 2010-2015 mega drought in Central Chile: Impacts on regional hydroclimate and vegetation. *Hydrology and Earth System Sciences*, 21, 1–21, <https://doi.org/10.5194/hess-21-1-2017>.
- -Garreaud, R.D. (2019). Incendios en Aysén. Análisis. Centro de Ciencia del Clima y la Resiliencia, 4 p.
- -Gipoulou, T. (2019). Evaluación del efecto de la megasequía sobre el crecimiento radial de individuos de *Araucaria araucana* afectados por daño foliar. Tesis de Magister en Ciencias Mención en Bosques y Medioambiente. Universidad Austral de Chile. 53 pp.
- -Gligo, N. (2016) Informe en Proyecto MMA PUND Universidad de Chile/CAPP Propuesta de Plan de Acción del Programa Nacional Integrado para la Prevención, Control y/o Erradicación de las EEI).
- -Gobierno de Chile, (2015). Contribución Nacional Tentativa de Chile (INDC) para el Acuerdo Climático París 2015. Santiago, Chile. 27 pp.
- -Gómez-Lobo, A., Lima, J.L., Hill, C., Meneses, M. (2006). Diagnóstico del mercado de la leña en Chile. Informe Final preparado para la Comisión Nacional de Energía. Centro Micro Datos. Departamento de Economía, Universidad de Chile.
- -González, P. (14 de julio de 2017). Enfermedad que afecta a la *Araucaria araucana* (Molina) K. Koch). Asesoría Técnica Parlamentaria. Departamento de Estudios, Extensión y Publicaciones. Biblioteca del Congreso Nacional de Chile.
- -González, M.E., Gómez-González, S., Lara, A., Garreaud, R., Díaz-Hormazábal, I. (2018). The 2010-2015 Megadrought and its influence on the fire regime in central and south-central Chile. *Ecosphere* DOI:10.1002/ecs2.2300
- -Heilmayr, R., Echeverría, C., Fuentes, R., Lambin, E.F. (2016). A plantation-dominated forest transition in Chile. *Applied Geography* 75: 71-82.
- -Hansen, M. C., Potapov, P. V., Moore, R., Hancher, M., Turubanova, S. A., Tyukavina, A., et al. (2013). High-resolution global maps of 21st-Century forest cover change. *Science*, 342: 850-853
- -Hansfort, S., Mertz, O. (2011). Challenging the woodfuel crisis in West African woodlands. *Human Ecology* 39, 583–595.
- -Huber, A., Iroume, A., Bathurst, J. (2008). Effect of *Pinus radiata* plantations on water balance in Chile. *Hydrological Processes* 22 (1), 142–148.
- -INE (Instituto Nacional de Estadísticas). (2002). Censo de población y vivienda 2002. Disponible en <https://www.inec.cl/estadisticas/censos/censos-de-poblacion-y-vivienda>. Visitado 14/06/2019.
- -INE (Instituto Nacional de Estadísticas). (2017). Censo de población y vivienda 2017. Disponible en <https://www.inec.cl/estadisticas/censos/censos-de-poblacion-y-vivienda>. Visitado 14/06/2019.
- -INFOR (Instituto Forestal, CL). (1994). Evaluación del consumo de leña en Chile 1992. Informe Técnico N° 130. Santiago, Chile. 50 p.
- -INFOR (Instituto Forestal, CL). (2001). Estadísticas Forestales 2000. Boletín Estadístico N° 79. Santiago, Chile. 145 p.
- -INFOR (Instituto Forestal, CL). (2008). Anuario Forestal 2008. Boletín estadístico N° 121. Santiago de Chile, 161 p. Disponible en <https://wef.infor.cl/publicaciones/>

- anuario/2008/Anuario2008.pdf. Visitado: 14/06/2019.
- -INFOR (Instituto Forestal, CL). (2010). Tratamiento de preservación por doble vacío, una alternativa para la madera de pino utilizada en la construcción. Disponible en http://www.infor.cl/doble_vacio/antecedentes.htm. Visitado 15/06/2019
 - -INFOR (Instituto Forestal, CL). (2011). Los Recursos Forestales en Chile. Inventario continuo de bosques nativos y actualización de plantaciones forestales. Informe final. 297 p.
 - -INFOR (Instituto Forestal, CL). (2012). Anuario Forestal 2012. Boletín estadístico N° 136. Santiago de Chile, 138 p. Disponible en <https://wef.infor.cl/publicaciones/anuario/2012/Anuario2012.pdf>.
 - Visitado: 15/06/2019.
 - -INFOR (Instituto Forestal, CL). (2016). Productos forestales no madereros en Chile. Estadísticas exportación. Disponible en <http://www.gestionforestal.cl/pfnm/>. Visitado: 9/09/2016.
 - -INFOR (Instituto Forestal, CL). (2017). Anuario Forestal 2017. INFOR. Boletín Estadístico N° 159. Estadísticas Forestales. Santiago, Chile.
 - -INFOR (Instituto Forestal, CL). (2018a). Anuario Forestal 2018. Boletín Estadístico N° 163. Santiago de Chile, 177 p. Disponible en <https://wef.infor.cl/publicaciones/anuario/2018/Anuario2018.pdf>.
 - Visitado: 10/06/2019.
 - -INFOR (Instituto Forestal, CL). (2018b). Disponibilidad de madera de plantaciones de Pino radiata y Eucalipto (2017-2047). Informe técnico N° 220. Santiago de Chile, 123 p. Disponible en <https://bibliotecadigital.infor.cl/handle/20.500.12220/28294>. Visitado: 17/06/2019.
 - -INFOR (Instituto Forestal, CL). (2019). Base de datos Observatorio de los Combustibles Derivados de la Madera. Información no publicada.
 - -IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). (2006). Directrices IPCC para la elaboración de inventarios nacionales de gases de efecto invernadero.
 - -IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). (2007). Climate Change 2007: Mitigation Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Ed. B. Metz, O. R. Davidson, P. R. Bosch, R. Dave and L. A. Meyer. Cambridge University Press.
 - -IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). (2018). Global Warming of 1.5°C.
 - -IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). (2019). Climate Change and Land. Special Report on Climate Change, Desertification, Land Degradation, Sustainable Land Management, Food Security, and Greenhouse gas fluxes in Terrestrial Ecosystems Summary for Policymakers.
 - -Iroumé, A., Huber, A., 2002. Comparison of interception losses in a broadleaved native forest and a *Pseudotsuga menziesii* (Douglas fir) plantation in the Andes mountains of southern Chile. *Hydrological Processes* 16 (12), 2347–2361.
 - -Jiménez-Castillo, M. & Torres-Morales, P. (2016). Selva Valdiviana bajo cambio climático: estimando la vulnerabilidad a la sequía y oportunidades de adaptación. Resumen enviado a la VI Reunión Binacional de Ecología. 18-22 septiembre, Puerto Iguazú. Pp 65.
 - -Jones, J., Almeida, A., Cisneros, F., Iroumé, A., Jobbágy, E., Lara, A., Lima, W., Little, C., Llerena, C., Silveira, L. (2017). Forests and water in South America. *Hydrological Processes*. 31, 972–980.
 - -Joshi, A.B., Vann, D.R., Johnson, A.H. (2006). Litter quality and climate decouple nitrogen mineralization and productivity in Chilean temperate rainforests. *Soil Science Society of America Journal* 70: 153–162. doi: 10.2136/sssaj2004.0173 ER.
 - -Lara, A. (1998). Catastro de la vegetación nativa: la fuerza de los resultados. En: Defensores del Bosque Chileno (Eds.). La tragedia del bosque chileno (pp. 118 - 119). Ocho Libros Editores. Santiago, Chile.
 - -Lara, A., Veblen, T. (1993). Forest plantations in Chile: a successful model? In: Mather A (ed) *Afforestation*: 118–139. Belhaven Press, London.
 - -Lara, A., Donoso, C., Aravena, J.C. (1996). La conservación del bosque nativo en Chile: Problemas y desafíos. En: Armesto JJ, C Villagrán & MK Arroyo (eds) *Ecología de los bosques nativos de Chile*: 335-361. Editorial Universitaria, Santiago, Chile.
 - -Lara, A., Little, C., Urrutia, R., McPhee, J., Alvarez-Garretón, C.A., Oyarzún, C., Soto, D., Donoso, P., Nahuelhual, L., Pino, M., et al. (2009). Assessment of ecosystem services as an opportunity for the conservation and management of native forests in Chile. *Forest Ecology and Management*. 258, 415–424.
 - -Lara, A., Reyes, R y Urrutia, R. (2010). Bosques Nativos. En: Informe País, Estado del Medio Ambiente en Chile 2008. Instituto de Asuntos Públicos. Centro de Análisis de Políticas Públicas. Universidad de Chile: 126-171. Santiago, Chile.
 - -Lara, A., Little, C., Nahuelhual, L., Urrutia, R., Díaz, I. (2011). Lessons, challenges and policy recommendations for the management, conservation and restoration of native forests in Chile. In: Figueroa E (ed) *Biodiversity conservation in the Americas: lessons and policy recommendations*. Universidad de Chile, Fundación Domeyko, Governo do Estado Sao Paulo. Servicios Graficos Besegraf Ltda, Santiago, 259–299.
 - -Lara, A., Solari, M.E., Prieto, M., Peña, M. (2012). Reconstrucción de la cobertura de la vegetación y uso del suelo hacia 1550 y sus cambios a 2007 en la ecorregión de los bosques valdivianos lluviosos de Chile (35°–43° 30´ S). *Bosque* 33(1):13–23. doi:10. 4067/S0717-92002012000100002
 - -Lara, A., A. Bahamondez, A., González-Reyes, A.A., Muñoz, E., Cuq, C., Ruiz-Gómez, C. (2015). Reconstructing streamflow variation of the Baker River from tree-rings in Northern Patagonia since 1765. *Journal of Hydrology* 529: 511-523.
 - -Lara, A., Villalba, R., Urrutia-Jalabert, R., González-Reyes, A., Aravena, J.C., Luckman, B., Cuq, E., Rodríguez, C.G., Wolodarsky-Franke, A. A 5680-year tree-ring temperature record for southern South America. *Enviado a Quaternary Science Reviews* (2019).
 - -León, C., Oliván, G. (2014). Recent rates of carbon and nitrogen accumulation in peatlands of Isla Grande de Chiloé-Chile. *Revista Chilena de Historia Natural* 87, 26.
 - -Lewis, S.L., Wheeler, C.E., Mitchard, E.T.A., Koch, A. (2019). Regenerate natural forests to store carbon. *Nature* 568, 25-28. Little, C., D. Soto, A. Lara, J. Cuevas. 2008. Nitrogen exports at multiple-scales in a southern Chilean watershed (Patagonian Lakes district). *Biogeochemistry*, 87(3), 297-309.
 - -Little, C., Lara, A., McPhee, J., Urrutia, R. (2009). Revealing the impact of forest exotic plantations on water yield in large scale watersheds in South-Central Chile. *Journal of Hydrology*. 374, 162–170.
 - -Little, C.; Lara, A. *Servicios Ecosistémicos de los Bosques Nativos del Centro sur de Chile*. In *Ecología Forestal. Bases Para el Manejo Sustentable y Conservación de los Bosques Nativos de Chile*, 1st ed.; Donoso, C., González, M., Lara, A. (2014) Eds.; Ediciones Universidad Austral de Chile: Valdivia, Chile.
 - -Lignum, (2017). Daño foliar y muerte de araucarias, proyectan posibles causas y líneas de acción. (Febrero 2017).
 - -Löf, M., Madsen, P., Metslaid, M., Witzell, J., Jacobs, D.F. (2019). Restoring forests: regeneration and ecosystem function for the future. *New Forests* 50, 139-151
 - -Lund, H.G. (2009). What Is a Degraded Forest. *Forest Information Services*. Gainesville, VA, USA. Disponible en: <http://home.comcast.net/~gyde/2009forestdegrade.doc>. Visitado 10 septiembre de 2016.
 - -Luyssaert S., Schulze, E.D., Börner, A., Knohl, A., Hessenmöller, D., Law, B.E., Ciais, P., Grace, J. (2008). Old-growth forests as global carbon sinks. *Nature* 455, 213–215. McWethy, D.B., Pauchard, A., García, R.A., Holz, A., González, M.E., Veblen, T.T., Stahl, J. and Currey, B. (2018). Landscape drivers of recent fire activity (2001–2017) in south-central Chile. *Plos one*. 13, e0201195-
 - Ministerio de Agricultura. (2017). Decreto 25. Dispone medidas para la protección del musgo *Sphagnum magellanicum*. Disponible en www.leychile.cl/Navegar?idNorma=1114649
 - -Ministerio de Agricultura & Ministerio del Medio Ambiente (MMA). (2013). Plan de Adaptación al Cambio Climático del Sector Silvoagropecuario. Santiago, Chile. ISBN: 978-956-7204-39-7, 63 pp.-
 - -Miranda, A., Altamirano, A., Cayuela, L., Pincheira, F., Lara, A. (2015) Different times, same story: native forest loss and landscape homogenization in three physiographical areas of south-central of Chile. *Applied Geography* 60:20–28. doi:10.1016/j.apgeog.2015.02.016.
 - Miranda, A., Altamirano, A., Cayuela, L., Lara, A., González, M. (2017). Native forest loss in the Chilean biodiversity hotspot: revealing the evidence. *Regional Environmental Change* 17 (1): 285-297.
 - -Miranda, A., Lara, A., Altamirano, A., Zamorano-Elgueta, C., Hernández, J., González, M., Pauchard, A., Promis, A. (2018). Monitoreo de la superficie de los bosques nativos de Chile: un desafío pendiente. *Bosque* 39(2): 265-275.
 - -Miranda, A., Lara, A., Altamirano, A., Di Bella, C., González, M., Camarero, J.J. Forest browning trends in response to drought in a highly threatened Mediterranean landscape of South America. *Enviado a Ecological Indicators* (2019).
 - -Mittermeier, R.A., Gil, P., Hoffmann, M., Pilgrim, J., Brooks, T., Mittermeier, C.G.,

- Lamoreux, J., da Fonseca, G.A.B. (2004) Hotspots revisited: earth's biologically wealthiest and most threatened ecosystems. CEMEX, México.
- -Myers, N., Mittermeier, R.A., Mittermeier, C.G., da Fonseca, G.A.B., Kent, J. (2000) Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature* 403:853–858. doi:10.1038/35002501
 - -MMA. (2014). Plan de Adaptación al Cambio Climático en Biodiversidad. Santiago, Chile. 95 pp.
 - -MMA. (2015). Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático. Santiago, Chile. 80 pp.
 - -MMA. (2018). Tercer Informe Bial de Actualización de Chile sobre Cambio Climático. Informe del Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero de Chile, serie 1990-2016. Santiago, Chile. 762 pp
 - -Milla, F., Emanuelli, P., Sartori, A., Torrealba, J.A. (2012). Rol de los bosques chilenos en la mitigación del cambio climático. Documento Técnico CONAF Nro. 210. Santiago, Chile. 12 pp.
 - -Naudts, K. et al. (2016). Europe's forest management did not mitigate climate warming. *Science* 351, 597–599.
 - -Neira, E., Bertin, R.A. (2009). Hábitos del uso de la leña en Castro, Isla de Chiloé. *Bosque Nativo* 45, 3–8.
 - -Olivares-Contreras, V.A., Mattar, C., Gutiérrez, A.G., Jiménez, J.C. (2019). Warming trends in Patagonian Subantarctic Forest. *International Journal of Earth Observation Geoinformation* 76:51–65.
 - -Otero, L. (2006) La huella del fuego. Historia de los bosques nativos. Poblamiento y cambios en el paisaje del sur de Chile. Pehuen, Santiago
 - -Papier, C., Poulos, H., Kusch. 2019. Invasive species and carbon flux: the case of invasive beavers (*Castor canadensis*) in riparian *Nothofagus* forests of Tierra del Fuego, Chile. *Climatic Change*. doi:10.1007/s10584-019-02377-x.
 - -Peña E, Hidalgo M, Langdon B, Pauchard A. (2008) Patterns of spread of *Pinus contorta* Dougl. ex Loud. invasion in a Natural Reserve in southern South America. *Forest Ecology and Management* 256:1049–1054.
 - -Pérez-Quezada, J., Olguín, S., Fuentes, J.P., Galleguillos, M. (2015). Tree carbon stock in evergreen forests of Chiloé, Chile. *Bosque* 36(1): 27–39.
 - -Pérez-Quezada, J. F., Celis-Diez, J.L., Brito, C.E., Gaxiola, A., Nuñez-Avila, M., Pugnaire, F.I., Armesto, J.J. (2018). Carbon fluxes from a temperate rainforest site in southern South America reveal a very sensitive sink. *Ecosphere* 9(4): e02193. 10.1002/ecs2.2193.
 - -Poorter, L., et al. (2016). Biomass resilience of Neotropical secondary forests. *Nature* 530, 211–214
 - -Radio Bio-Bío. González, D. (15 de marzo de 2019). Conaf explica licitación para plantar pinos en áreas devastadas por incendios forestales en Ñuble. *Biobiochile.cl*.
 - <https://www.biobiochile.cl/noticias/nacional/region-de-nuble/2019/03/15/conaf-explica-licitacion-para-plantar-pinos-en-areas-devastadas-por-incendios-forestales-en-nuble.shtml>
 - -Reyes, R., Nelson, H., Navarro, F., Retes, C. (2015). The firewood dilemma: Human health in a broader context of well-being in Chile. *Energy for Sustainable Development* 28, 75–87.
 - -Reyes, R. (2017). Consumo de combustibles derivados de la madera y transición energética en la Región de Los Ríos, periodo 1991-2014. En: *Informes Técnicos BES, Bosques - Energía - Sociedad*, Año 3. N° 6. Enero 2017. Observatorio de los Combustibles Derivados de la Madera OCDM. Instituto Forestal, Chile. p. 20.
 - -Reyes, R., Blanco, G., Lagarrigue, A., Rojas-Marchini, F. (2017). Ley de bosque nativo: Desafíos Socioculturales para su implementación. Informe Instituto Forestal.
 - -Reyes, R., Sagardía, R., Schueftan A. (2018a). Consumo de combustibles derivados de la madera y transición energética en la Región del Maule. En: *Informes técnicos BES, Bosques - Energía - Sociedad*, Año 4. N° 8. Enero 2018. Observatorio de los Combustibles Derivados de la Madera OCDM. Instituto Forestal, Chile. p. 24.
 - -Reyes, R., Nelson, H., Zerriffi, H. (2018b). Firewood: Cause or consequence? Underlying drivers of firewood production in the South of Chile. *Energy for Sustainable Development* 42, 97–108.
 - -Reyes, R., Schueftan, A., Ruiz, C., González, A. (2019). Controlling air pollution in a context of high energy poverty levels in southern Chile: Clean air but colder houses? *Energy Policy* 124, 301–311.
 - -Rueda, C.V., Baldi, G., Gasparri, I., Jobbágy, E.G. (2015). Charcoal production in the Argentine Dry Chaco: Where, how and who? *Energy for Sustainable Development* 27, 46–53.
 - -Salazar, A., Baldi, G., Hirota, M., Syktus, J., McAlpine, C. (2015). Land use and land cover change impacts on the regional climate of non-Amazonian South America: A review. *Global and Planetary Change*. 128, 103–119. <https://doi.org/10.1016/j.gloplacha.2015.02.009>.
 - -Sandoval, J., Becerra-Rodas, C., Nimptsch, J., Osorio, S., Cruz-Tagle, E., Lara, A. (2019). Materia Orgánica Disuelta como indicador del impacto de la ganadería y la tal a selectiva en cursos de agua asociados a bosques nativos en el sur de Chile. Póster presentado en VII Congreso Brasileño de Limnología y II Congreso Congreso Iberoamericano de Limnología, Florianópolis, Brasil.
 - -Sanzana, J. (2012). Silvicultura en bosques dominados principalmente por *Tepu* (*Tepualia stipularis*). *Bosque Nativo* 51, 25–29.
 - -Schueftan, A., González, A. (2013). Reduction of firewood consumption by households in south-central Chile associated with energy efficiency programs. *Energy Policy* 63, 823–832.
 - -Schueftan, A., González, A. (2015). Proposals to enhance thermal efficiency programs and air pollution control in south-central Chile. *Energy Policy* 79, 48–57
 - -Schueftan, A., Sommerhoff, J., González, A. (2016). Firewood demand and energy policy in south-central Chile. *Energy for Sustainable Development* 33, 26–35.
 - -Schulz, J.J., Cayuela, L., Echeverría, C., Salas, J., Rey Benayas, J.M.R. (2010). Monitoring land cover change of the dryland forest landscape of Central Chile (1975-2008). *Applied Geography* 30: 436–447.
 - -Schlegel, B.C., Donoso, P.J. (2008). Effects of forest type and stand structure on coarse woody debris in old-growth rainforests in the Valdivian Andes, south-central Chile. *Forest Ecology and Management* 255: 1906–1914.
 - -UACH-CONAF. (2014). Monitoreo de Cambios, Corrección Cartográfica y Actualización del Catastro de los Recursos Vegetacionales Nativos de la región de Los Ríos. Valdivia, Chile.
 - -UACH-CONAF. (2014a). Monitoreo de Cambios, Corrección Cartográfica y Actualización del Catastro de los Recursos Vegetacionales Nativos de la región de Los Lagos. Valdivia, Chile
 - -UACH-UFRO. (2014). Monitoreo de Cambios, Corrección Cartográfica y Actualización del Catastro de los Recursos Vegetacionales Nativos de la región de La Araucanía. Valdivia, Chile.
 - -Urrutia-Jalabert, R., Malhi, Y., Barichivich, J., Lara, A., Delgado-Huertas, A., Rodríguez, C.G., Cuq, E. (2015). Increased water use efficiency but contrasting tree growth patterns in *Fitzroya cupressoides* forests of southern Chile during recent decades. *Journal of Geophysical Research: Biogeosciences* 120, 2505–2524.
 - -Urrutia-Jalabert, R., Peña, M.P., Coopman, R., Carvajal, D., Jiménez-Castillo, M., Cosimo, D., Lobos-Catalán, P. (2018). Elucidating the hydraulic vulnerability of the longest-lived Southern Hemisphere conifer to aridification. *Forest Ecology and Management* 430:472–484.
 - -Vargas, R. 2019 (en preparación). Cambios en la concentración y exportación de Distintas especies de nitrógeno en diferentes Zonas geográficas caracterizadas por Intervención por uso de suelo en la región de los Ríos.
 - -Vann, D.R., Joshi, A., Pérez, C., Johnson, A.H., Frizano, J., Zarin, D.J., Armesto, J. (2002). Distribution and cycling of C, N, Ca, Mg, K and P in three pristine, old-growth forests in the Cordillera de Piuchué, Chile. *Biogeochemistry* 60: 25–47.
 - -Venegas-González, A., Roig Juárez, F., Gutiérrez, A.G., Tomazello Filho, M. (2018). Recent radial growth decline in response to increased drought conditions in the northernmost *Nothofagus* populations from South America. *Forest Ecology and Management* 409:94–104.
 - -Venegas-González, A., Roig Juárez, F., Peña-Rojas, K., Hadad, M., Aguilera-Betti, I., Muñoz, A. (2019). Recent Consequences of Climate Change Have A_ected Tree Growth in Distinct *Nothofagus macrocarpa* (DC.) FM Vaz & Rodr Age Classes in Central Chile. *Forests* 10, 653.
 - -Vergara, P., Pérez-Hernández, C., Hahn, I., Soto, G. (2013). Deforestation in central Chile causes a rapid decline in landscape connectivity for a forest specialist bird species. *Ecological Research* 28:481–492. doi:10.1007/s11284-013-1037-x
 - -Villalba, R., Lara, A., Masiokas, M.H., Urrutia, R., Luckman, B.H., Marshall, G.J., Mundo, I.A., Christie, D.A., Cook, E.R., Neukom, R., Allen, K., Fenwick, P., Boninsegna, J.A., Srur, A.M., Morales, M.S., Araneo, D., Palmer, J.G., Cuq, E., Aravena, J.C., Holz, A., Le Quesne, C. (2012). Unusual Southern Hemisphere tree-growth patterns induced by changes in the Southern Annular Mode. *Nature Geosciences* 5: 793–798.

- -Williams, A. P., Allen, C. D., Macalady, A. K., Griffin, D., Woodhouse, C. A., Meko, D. M., Swetnam, T. W., Rauscher, S. A., Seager, R., Grissino-Mayer, H. D., Dean, J. S., Cook, E. R., Gangodagamage, C., Cai, M., and McDowell, N. G. 2013. Temperature as a potent driver of regional forest drought stress and tree mortality, *Nature Climate Change*, 3, 292–297.
- -Zamorano-Elgueta, C., Cayuela, L., González-Espinosa, M., Lara, A., Parra-Vázquez, M.R. (2012). Impacts of cattle on the South American temperate forests: challenges for the conservation of the endangered monkey puzzle tree (*Araucaria araucana*) in Chile. *Biological Conservation*, 152, 110-118.
- -Zamorano-Elgueta, C., Cayuela, L., Rey Benayas, J.M., Donoso, P.J., Geneletti, D., Hobbs, R.J. (2014). The differential influences of human-induced disturbances on tree regeneration community: a landscape approach. *Ecosphere*, 5(7), 90. <http://dx.doi.org/10.1890/ES14-00003.1>
- -Zamorano-Elgueta, C., Rey Benayas, J.M., Cayuela, L., Hantson, S., Armenteras, D. (2015). Native forest replacement by exotic plantations in southern Chile (1985–2011) and partial compensation by natural regeneration. *Forest Ecology and Management* 345:10–20. doi:10.1016/j.foreco.2015.02.025-Zamorano-Elgueta. 2018. Silvopastoreo. En: Donoso, P. Promis, A., Soto, D.. (2018). Silvicultura en bosques nativos. Experiencias en silvicultura y restauración en Chile. Argentina y el oeste de Estados Unidos.
- -Zamorano-Elgueta, C., et al. En preparación. Forest regeneration and cattle practice on temperate forests of Sothern Chile: ecological implications.
- -Zegers, G., Larraín, J., Díaz, M.F., Armesto, J. (2006). Impacto ecológico y social de la explotación de pomponales y turberas de *Sphagnum* en la Isla Grande de Chiloé. *Revista Ambiente y Desarrollo* 22(1), 28-34.
- -Zhao, Y.; Feng, D., Yua, L., Wang, X., Chen, Y., Hernández, H.J., Galleguillos, M., Estades, C., Biging, G., Radke, J., Gong, P. (2016). Detailed dynamic land cover mapping of Chile: accuracy improvement by integrating multi-seasonal land cover data. *Remote Sensing of Environment* 183, 170–185.

CAPITULO 4



INFORME PAÍS ESTADO DEL MEDIO AMBIENTE EN CHILE
2018

4. BIODIVERSIDAD

La biodiversidad es la variabilidad entre los organismos vivos de todas las fuentes, incluidos los ecosistemas terrestres, marinos y otros ecosistemas acuáticos, así como de los complejos ecológicos de los que forman parte. Esto incluye la variación en los atributos genéticos, fenotípicos, filogenéticos y funcionales, así como los cambios en la abundancia y distribución en el tiempo y el espacio dentro y entre especies, comunidades biológicas y ecosistemas¹. Todas estas expresiones de diversidad tienen relación con variados aspectos del funcionamiento de los ecosistemas naturales que sostienen la vida en la Tierra. El ser humano, a través de diversas acciones, viene impactando severamente la biodiversidad del planeta, afectándola en sus diferentes niveles.

Entre las principales causas de la pérdida de biodiversidad por la acción humana están la eliminación y degradación de hábitat, la sobreexplotación de especies de valor comercial, la introducción de especies exóticas, la contaminación y el cambio climático. La pérdida de la diversidad, en cualquiera de sus formas, causa múltiples efectos en los ecosistemas, la mayoría de ellos perjudiciales para la Humanidad a corto plazo, y todos ellos muy perjudiciales a largo plazo. Ciertamente, dependemos de la biodiversidad para una serie de productos, procesos y servicios ecosistémicos, tales como la provisión de alimentos y la regulación del clima.

En este capítulo se presenta una actualización del estado de la biodiversidad en Chile en el ámbito de su composición, de su estado de conservación y de sus principales amenazas. También se recapitulan los avances del país en materia de legislación para la preservación de nuestro patrimonio natural y para responder a los acuerdos internacionales suscritos en esta materia.

4.1 EL PATRIMONIO BIOLÓGICO: EVOLUCIÓN Y CARACTERÍSTICAS

Chile, en su posición geográfica al oeste de Sudamérica, se extiende como una alargada franja de tierra de aproximadamente 4.300 km de norte a sur, desde los 18 a 56° de latitud sur, centrada en la longitud 70° oeste, con un ancho promedio de 180 km. Es una verdadera isla limitada por barreras naturales: al norte por uno de los desiertos más áridos del mundo; al este con una cordillera que se eleva hasta sobre los 6.000 m de altura; al sur con la Antártica y al oeste con un Océano Pacífico que a pocos kilómetros de la línea de costa presenta profundidades que superan los 5.000 m.

1 Díaz et al. (2015). "The IPBES Conceptual Framework - Connecting Nature and People." *Current Opinion in Environmental Sustainability* 14: 1–16

El clima del país está determinado actualmente por la presencia del Anticiclón del Pacífico Sur Oriental (APSO) y la corriente marina de aguas frías de Humboldt. El APSO genera una determinante climática hacia la aridez, bloqueando la entrada de frentes provenientes del suroeste que se generan en el anillo circumpolar, creando un marcado límite biogeográfico a la altura de los 30° de latitud sur, la llamada “Diagonal Árida de Sudamérica”. Al norte de esta diagonal las precipitaciones son menores a los 200 mm anuales y se tornan nulas a medida que decrece en latitud hacia el norte. Al sur de los 30° las precipitaciones se incrementan paulatinamente con el correspondiente impacto en la vegetación, generando formaciones de xéricas hasta mésicas. Otro elemento climático con gran impacto en los ecosistemas de Chile se relaciona con el fenómeno de “El Niño” y su fase alterna “La Niña”. El Niño Oscilación del Sur (ENOS) genera en Chile central, y especialmente al norte de los 30° de latitud sur, la alternancia de años secos con uno a dos años con precipitaciones superiores a las normales, produciendo, entre otros efectos, un incremento extraordinario de la vegetación, en la producción de semillas y por lo tanto en el número de pequeños mamíferos (roedores) y de predadores, como las aves carnívoras².

A través de su historia, Chile ha experimentado numerosos cambios en su clima, en su vegetación y en consecuencia en su biodiversidad. Las condiciones climáticas y las formas del territorio actual se originaron principalmente durante el Pleistoceno, hace unos dos millones de años, en la llamada Edad del Hielo. Este periodo, concluido en nuestro país hace unos 14 mil años, terminaría por configurar definitivamente el territorio de la región de La Araucanía y Los Lagos hacia el sur, dejándonos como herencia los grandes volcanes de la Cordillera de los Andes y los lagos del sur de Chile. A finales del Pleistoceno y comienzos de Holoceno (entre 15.000 y 10.000 años atrás), cuando ya las poblaciones humanas ocupaban el territorio nacional, se da un fenómeno de extinción de características extraordinarias. Aunque no se constituye en una extinción masiva, desaparecen todos los megamamíferos (de más de una tonelada) y la mayoría de los mamíferos grandes (de más de 44 kilos) del continente, entre ellos los megaterios (*Megatherium*), mastodontes (*Stegomastodon*) y tigres dientes de sable (*Smilodon*). Esta extinción ha sido atribuida al frío, a epidemias o a la acción de los humanos³. Los últimos representantes de la megafauna desaparecieron hace unos 6.000 años, por lo que el proceso de extinción se habría extendido por varios miles de años⁴. En el Holoceno temprano, comienza el retiro de los hielos en el sur y en el este, dejando la depresión intermedia nuevamente disponible, primero para la vida vegetal y animal y más tarde para el ser humano. El mar subió su nivel hasta el actual y el paisaje quedó configurado tal como es hoy.

Todas estas características geológicas, climáticas y topográficas, hacen de nuestro territorio una verdadera peculiaridad en cuanto a su diversidad de ecosistemas terrestres, marinos, costeros, glaciares, ríos, lagos, humedales y ecosistemas insulares, los que en su conjunto albergan cerca de 35 mil especies de plantas, animales, hongos y bacterias. A esto se suma, un alto grado de endemismo (30 a 40%), producto de la evolución aislada del resto del continente durante miles de años, debido a las barreras físicas y climáticas características del territorio chileno. La riqueza de especies y el grado de endemismo se encuentran heterogéneamente distribuidos a lo largo del territorio nacional. En la zona centro y sur del país la gran mayoría de los grupos de plantas y animales presentan un máximo en su diversidad específica, incluyendo helechos⁵, plantas vasculares⁶, micromamíferos⁷ y mariposas⁸, entre otros grupos. Al mismo tiempo, esta zona (entre los 23° y 47° de latitud sur) concentra una cantidad inusual de especies endémicas, lo que la ha llevado a ser catalogada como uno de los 36 puntos calientes o “hotspots” mundiales de biodiversidad⁹.

La ocupación humana ha ido, sin embargo, modificando y alterando la vegetación natural y la biodiversidad del territorio. La convivencia relativamente armónica entre el humano y el medio ambiente sufre su primer gran cambio con la llegada de los españoles en el siglo XVI al introducir nuevas tecnologías, nuevas especies y nuevas demandas de los recursos naturales. Esta alteración del medio ambiente por el humano no ha ido sino incrementándose a través de los años. En la medida que el territorio nacional se ha ido ocupando, se ha incrementado la demanda por recursos y suelo, lo que, acompañado de una falta de protección efectiva para la biodiversidad, ha llevado a un estado actual de gran amenaza y vulnerabilidad. Para la preservación de este valioso patrimonio biológico, es necesario establecer la gestión sustentable de la biodiversidad, entendiendo que ésta es parte del valor patrimonial actual y del legado natural, como asimismo una de las fuentes de riqueza y desarrollo de nuestra economía y del bienestar actual y futuro de nuestra sociedad.

- 2 Holmgren, M. et al. (2006) Extreme climatic events shape arid and semiarid ecosystems. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 4: 87-95.
- 3 Cione A et al. (2007) Mamíferos continentales del Mioceno tardío a la actualidad en la Argentina: cincuenta años de estudios. *Asociación Paleontológica Argentina. Publicación especial 1. Ameghiniana 50 aniversario*: pp. 257-278.
- 4 Nuñez L & C Santero (1990) Primeros poblamientos en el cono sur de América (XII-IX milenio AP). *Revista de arqueología Americana* N° 1 pp.91-139.
- 5 Parra MJ et al. (2015). Latitudinal patterns in pteridophyte distribution of continental Chile. *Gayana* 72(1): 45-57
- 6 Bannister JR et al. (2012). Latitudinal patterns and regionalization of plant diversity along a 4270-km gradient in continental Chile. *Austral Ecology* 37, 500-509.
- 7 Cofré HL et al. (2007). Rarity and Richness patterns of small mammals in Mediterranean and Temperate Chile: pp.275-302. En Kelt, DA et al. (Eds). *The quintessential naturalist: honouring the life and legacy of Oliver P. Pearson*. California, USA. University of California, Publications in Zoology Series.
- 8 Samaniego H. & Marquet, PA (2009). Mammal and butterfly species richness in Chile: taxonomic covariation and history. *Revista Chilena de Historia Natural* 82: 135-151.
- 9 Ministerio del Medio Ambiente (2017a). *Estrategia Nacional de Biodiversidad* (2017-2030).

4.1.1 Diversidad genética

La diversidad genética corresponde al componente más básico de la biodiversidad y se puede definir como las variaciones de los genes y genotipos que ocurren en cada organismo, entre los individuos de una población y entre las poblaciones dentro de una misma especie. La variabilidad genética hace posible la adaptación de los organismos frente a enfermedades, parásitos y los diversos cambios del medio ambiente¹⁰. El conocimiento de esta diversidad puede ser una herramienta efectiva para la conservación de especies y la utilización de la biodiversidad potencialmente productiva. La importancia de conocer y preservar la diversidad genética de especies silvestres radica en el resguardo de su valor evolutivo y la sustentabilidad de los ecosistemas de los cuales forman parte¹¹.

La gran variedad de ecosistemas y ambientes en Chile, así como el alto grado de endemismo antes mencionado, se traducen en una alta diversidad genética. Aún cuando esta diversidad tiene importancia ecológica, social, cultural y económica, la información con la que se cuenta a nivel país, con excepción de unas pocas especies de interés comercial o de interés biogeográfico y de conservación, es escasa, aunque creciente, lo que no permite tener una evaluación del estado actual de la diversidad genética y menos aún de su vulnerabilidad frente a las amenazas. En su tercera edición, el libro “Biodiversidad de Chile, patrimonio y desafíos”, editado por el Ministerio del Medio Ambiente¹¹, hace un catastro sobre los principales trabajos relacionados al estudio de la diversidad genética nacional. De la información recopilada se rescatan alrededor de 20 trabajos que apuntan a la comprensión de la diversidad genética a través del estudio de diferentes indicadores, tales como diferenciación genética, niveles de endogamia y diversidad de genotipos. Estos trabajos se enfocan principalmente en plantas silvestres, plantas cultivadas, animales nativos y animales de granja. Otros trabajos, no citados en el mencionado capítulo, son los estudios realizados en base a algas pardas^{12,13} y rojas¹⁴. En este último grupo, la diversidad es especialmente importante en el territorio antártico, donde 33% de las especies son endémicas. En el caso de los peces, destacan los estudios en jurel¹⁵ (*Trachurus murphyi*), anchoveta¹⁶ (*Engraulis ringens*) y sardina chilena¹⁷ (*Sardinops sagax*). Un proyecto relevante de caracterización genética de los principales recursos pesqueros obtuvo un listado de 232 referencias bibliográficas con algún tipo de información genética¹⁸, de las cuales 42% corresponden a peces marinos, 12% a dulceacuícolas, 33% a moluscos, 9% a algas, 3% a crustáceos y el 1% restante a tunicados y equinodermos. Del total de referencias, 61% corresponden a especies nativas y 39% a especies exóticas.

Más allá de la falta de investigación relacionada a la diversidad genética en forma puntual, tanto otras áreas del conocimiento, como la biología de la conservación, la investigación agrícola e incluso el conocimiento tradicional, han permitido establecer que el nivel de endemismo que poseen las especies de plantas de nuestro país constituye un patrimonio único en el mundo. Chile cuenta con variedades de semillas de uso agrícola que han sido cultivadas en forma tradicional por miles de años y que tienen un importante valor genético y cultural. Ejemplo de estas son la papa (*Solanum tuberosum* ssp. *tuberosum*), para la cual se han descrito más de 240 variedades en Chile¹⁹, y la frutilla (*Fragaria chiloensis*), originada específicamente en las islas del Archipiélago de Chiloé. Además, Chile es el centro de diversificación de cultivos como la quínoa, maíz y porotos, la cual se expresa en la alta variabilidad morfológica observada en variedades y genotipos de estos cultivos²⁰. Las especies de flora endémica nativa tienen también un alto valor y potencial para usos medicinales, ornamentales, alimenticios y de forraje, así como mejoramiento genético de las especies actuales, desarrollo de nuevos cultivos y productos naturales, y desarrollo de fármacos, entre otros (Cuadro 4.1). Ejemplo de esto son las investigaciones desarrolladas en el clavel antártico (*Colobanthus quitensis*), las que han mostrado la capacidad de esta especie para sintetizar metabolitos que pueden ser utilizados como filtro solar²¹. En general, se estima que al menos un 11% de las especies de plantas, particularmente en zonas áridas, tienen potencial de uso medicinal²².

Otra incursión de la genética en la fauna nacional corresponde a los empleados en los llamados Recursos Zoogenéticos, entendidos como la utilización de la diversidad genética en pos de mejorar y permitir la adaptabilidad del ganado, posibilitando su mejor respuesta

- 10 Ministerio del Medio Ambiente (2017a). *Ibid.*
- 11 Ministerio del Medio Ambiente (2018a). *Biodiversidad de Chile. Patrimonio y Desafíos. Tercera Edición. Tomo I* 430 páginas. Santiago de Chile.
- 12 Macaya & Zuccarello (2010a). Genetic structure of the giant kelp *Macrocystis pyrifera* along the south-eastern Pacific. *Marine Ecology Progress* 420:103-112
- 13 Macaya & Zuccarello (2010b). DNA barcoding and genetic diagnosis in the giant kelp *Macrocystis* (Laminariales). *J. Phycol* 46: 736-724
- 14 Guillemín M et al. (2016) The bladed Bangiales (Rhodophyta) of the South Eastern Pacific: Molecular species delimitation reveals extensive diversity. *Molecular Phylogenetics and Evolution* 96: 814-826
- 15 Cárdenas L et al. (2005) Origin, diversification and historical biogeography of the genus *Trachurus* (PERCIFORMES: CARANGIDAE). *Origin Molecular Phylogenetics and Evolution* 35: 496-507
- 16 Ferrada S et al. (2002) Estudio poblacional del recurso anchoveta (*Engraulis ringens*, Jenyns 1842) (clupeiformes, engraulidae), mediante análisis de ADN. *Gayana (Concepc.)*, vol.66, no.2, p.243-248.
- 17 Galleguillos R et al. 1997. Diferenciación poblacional en la sardina chilena *Strangomera bentinckii* (Pisces: Clupeidae). *Revista Chilena de Historia Natural*. 70: 351-361.
- 18 Universidad de los Lagos (2006). *Caracterización Genética de los Principales Recursos Pesqueros de Chile. Informe final corregido Proyecto FIP 2006-52. Laboratorio de Genética & Acuicultura, Osorno.* 243 pág.
- 19 Contreras & Castro (2008). *Catálogo de variedades de papas nativas de Chile. Valdivia, Chile.*
- 20 Ministerio del Medio Ambiente (2018b). *Biodiversidad de Chile. Patrimonio y Desafíos. Tercera Edición. Tomo II* 264 páginas. Santiago de Chile.
- 21 Contreras et al. (2019). UV-B shock induces photoprotective flavonoids but not antioxidant activity in Antarctic *Colobanthus quitensis* (Kunth) Bartl. *Environmental and Experimental Botany*, 159:179-190.
- 22 Ministerio del Medio Ambiente (2015). *Las Áreas Protegidas de Chile.*

hacia su entorno, clima y enfermedades. Esto tiene como consecuencia beneficios directos para la alimentación, comercialización y capacidad exportadora del país. Al 2006, según el Ministerio de Agricultura (MINAGRI), un total de 99 especies eran usadas como recurso zoogenético en Chile, entre ellas 42 especies nativas (alpaca, cisne de cuello negro y otros); 39 introducidas (bovino frisón, asno, pato pekín y otros); y 18 exóticas asilvestradas (liebre, abeja y otros)²³.

Cuadro 4.1 Usos de la flora nativa de Chile	
Uso*	Nº de Taxa
Alimenticio	288
Medicinal	624
Tintóreo	79
Fibra	66
Forrajero	409
Mágico-ritual	90
Biopesticida	20
Cosmético	13
Detergente	11
Apícola	22
Abono	8
Ornamental	595
Potencial ornamental	523
FUENTE: Ministerio del Medio Ambiente (2014b).	
* Una especie o subespecie puede tener más de un uso.	

Los escasos conocimientos actuales dejan de manifiesto que los estudios de diversidad genética son esenciales para avanzar en la conservación efectiva de especies no solo en especies raras, de distribución restringida y oficialmente clasificadas en Peligro, sino también de otras especies nativas o endémicas que estén siendo explotadas con fines comerciales. Estas últimas pueden sufrir erosión genética al eliminar de los criaderos aquellas poblaciones con características comerciales poco atractivas. Otra causa de pérdida de diversidad genética puede darse por cruzamientos indiscriminados. Ambas situaciones conducen a las poblaciones a bajos niveles de diversidad, constituyendo un problema para su mantención comercial (baja diversidad para resistir plagas y enfermedades, por ejemplo), y su sustentabilidad a largo plazo. Si no conocemos la diversidad genética, cómo está estructurada y distribuida dentro y entre las poblaciones, difícilmente podemos diseñar e implementar medidas eficientes de conservación que permitan recuperar las poblaciones en peligro y mantenerlas en el largo plazo²⁴.

4.1.1.1 Diversidad de especies

La biodiversidad específica se refiere a la cantidad de especies diferentes que habita en una región determinada. El primer gran esfuerzo de catastrar el conocimiento nacional sobre nuestra diversidad específica fue realizado por Simonetti et al. (1995)²⁵, el cual se materializó en la obra “Diversidad Biológica de Chile”. En esta obra se determinó la existencia de unas 30.000 especies de flora y fauna silvestres, de las cuales, alrededor de 6.331 son exclusivas de Chile (endémicas). El estudio también dejó en evidencia el déficit de especialistas en algunos grupos taxonómicos claves, además de hacer patente disímiles grados de desarrollo que cada grupo poseía y la heterogeneidad de tratamientos en su estudio. Más tarde, a partir del año 2000, se ha generado un gran desarrollo de nuevas monografías sobre diferentes grupos taxonómicos, tanto vertebrados como invertebrados, así como de diferentes grupos de flora nativa. Sin embargo, este esfuerzo no ha sido homogéneo, lo que ha producido un desarrollo dispar dependiendo del grupo.

Según la información más actualizada, en Chile se han descrito alrededor de 35.000 especies nativas. Esta estimación es bastante conservadora, pues numerosos taxa no han sido aún inventariados y se estima que aún faltaría un 90 por ciento de especies “chilenas”

23 Citado por Manzur, M en “Diversidad Genética”, en CONAMA (2006). Biodiversidad de Chile, Patrimonio y Desafíos.
 24 Ministerio del Medio Ambiente (2018a). Op. cit.
 25 Simonetti et al. (1995). Diversidad biológica de Chile, CONICYT.

por descubrir, las que probablemente, en más de un 50 por ciento, corresponderían a artrópodos²⁶. En términos de composición, casi un 60% de esta biodiversidad específica corresponde a invertebrados, principalmente artrópodos hexápodos (insectos). El segundo grupo más numeroso corresponde al de los hongos y líquenes (13,34%), seguido de cerca por las plantas vasculares (13,26%). Los vertebrados constituyen menos de un 7% de la biota chilena mientras que las plantas no vasculares superan apenas el 4%. Las micro y macroalgas, por su parte, aportan en su conjunto con menos de un 4% de la riqueza específica del territorio (Cuadro 4.2). Esta diversidad de especies nativas es relativamente baja al compararla con otros países de Latinoamérica. Por ejemplo, en el caso de las aves, en Chile habitan algo más de 450 especies; mientras que en Argentina coexisten más de 800 especies, en Bolivia y Perú sobre las 1.200 especies y en Colombia 1.721 especies. Un caso aún más dramático ocurre con la diversidad de plantas angiospermas, en donde Chile posee sólo 5.300 especies, y países como Brasil sobrepasan las 55.000 especies²⁷.

Cuadro 4.2 Especies nativas descritas para Chile por grupo biológico

Grupo biológico	2015 ¹		2019	
	Riqueza de especies	% por grupo	Riqueza de especies	% por grupo
Microalgas	863	2,67	863	2,46
Diatomeas	568		568	
Dinoflagelados y Silicoflagelados	295		295	
Macroalgas ²	945	2,93	534	1,52
Phaeophyceae (pardas)	n.d.		89	
Chlorophyceae (verdes)	n.d.		80	
Rhodophyceae (rojas)	n.d.		265	
Plantas no vasculares (hepáticas, musgos, antóceros)	1.400	4,34	1.421	4,05
Bryophyta (musgos)	n.d.		907	
Marchantiophyta (hepáticas)	n.d.		500	
Anthocerotophyta (antóceros)	n.d.		14	
Plantas vasculares	5.686	17,61	4.655	13,26
Pteridofitas (helechos y lycopodios)	170		160	
Gimnospermas (pinófitas y gnetófitas)	16		15	
Liliopsida (Monocotiledóneas)	1.250		1.018	
Magnoliopsida (Dicotiledóneas)	4.250		3.462	
Hongos y Líquenes	4.683	14,50	4.683	13,34
Hongos	3.300		3.300	
Líquenes	1.383		1.383	
Invertebrados	16.680	51,65	20.746	59,08
Annelidos	n.d.		848	
Arthropodos Miriápodos	n.d.		167	
Arthropodos Hexapodos	11.468		12.443	
Arthropodos Chelicerata	n.d.		1.405	
Arthropodos Crustacea	606		2.551	
Moluscos	1.187		1.194	
Otros invertebrados	3.419		2.138	
Vertebrados	2.036	6,30	2.214	6,30
Peces marinos	1.182		1.331	
Peces aguas continentales	44		42	
Anfibios	62		64	

26 Mora C et al. (2011). How many Species are there on Earth and in the Ocean? PLoS Biology 9(8), e1001127.

27 Conservation International (2005). Hotspots revisited: Earth's Biologically Richest and Most Endangered Terrestrial Ecoregions.

Reptiles	122		135	
Aves	464		480	
Mamíferos (terrestres y marinos)	162		162	
TOTALES	32.293	100,00	35.116	100,00

FUENTE: Elaboración propia a partir de datos obtenidos en Ministerio del Medio Ambiente (2018a), modificado para: musgos, según Garilleti (2012), Garilleti (2015), Larraín (2016), Ireland (2017) y Cuvertino (2012); plantas vasculares, según Rodríguez et al. (2018); anfibios según Lobos et al. (2013) y Charrier et al. (2015) y reptiles, según Ruiz de Gamboa (2016). Para los grupos de invertebrados: isópteros; psocoptera; trips; mecoptera; thricoptera; hymenoptera; lepidoptera; escorpiones; copépodos; ostrácodos; moluscos marinos; quinodermos; nemátodos; Brachiopoda; bryozoa y tardigrada; se consideraron los datos publicados en CONAMA (2006) al no estar estos incluidos en MMA (2018b)

¹ Universidad de Chile (2015)

² Para el cálculo del número total de especies se consideró el total estimado para Chile continental más el número de especies endémicas descritas para el territorio insular y antártico.

n.d.: no disponible

Es importante tener en consideración que la taxonomía (disciplina que clasifica las especies) es una ciencia dinámica, que precisa de constante actualización. No es extraño entonces observar la reducción o el aumento en el número de especies para determinados taxones, lo que no está asociado necesariamente a la descripción de nuevas especies o a la extinción de otras, sino a la revisión y reinterpretación de los datos que han llevado a cambios en el estatus de algunos taxa, reevaluación de la nomenclatura, corrección de errores, etc. Es el caso, por ejemplo, del último catálogo de plantas vasculares, donde durante la realización del trabajo se encontraron varias especies cuya presencia en el país es dudosa, géneros que no han sido estudiados en su totalidad y que se desconoce su estado actual, y nombres que no han podido ser corroborados por no poseer material de herbario disponible²⁸. Otro ejemplo es la gran disminución en el número de especies de algas entre 2015 y 2018, dado al hecho que, presuntamente, en revisiones anteriores se había sumado la totalidad de especies continentales con la totalidad de especies insulares, sin considerar que muchas de estas son de amplia distribución y se encuentran en más de un territorio (María Eliana Ramírez, comunicación personal). Otro factor importante que ha influido en los cambios de estatus y nomenclatura hace relación con los avances en las metodologías de identificación de especies, las cuales actualmente combinan análisis morfológicos con técnicas moleculares cada vez más avanzadas. Ejemplos de ello tenemos en el grupo de macroalgas, como es el caso del género *Macrocystis*, el que luego de varios estudios resultó ser un género monotípico representado en esta costa por una sola especie *Macrocystis pyrifera*^{29,30}; el caso del género *Lessonia*, con reconocimiento de dos especies crípticas incluidas en el complejo *Lessonia nigrescens*³¹ y recientemente el caso de la gran diversidad de *Bangiales* foliosas de la costa de Chile continental, donde se han reconocido 5 géneros con un número mayoritario de especies incluidas en los géneros *Pyropia* y *Porphyra*³².

La baja biodiversidad de especies presente en Chile se puede explicar, en parte, por su aislamiento geográfico en conjunción con la historia geológica del país. Este mismo aislamiento, sin embargo, explicaría también el origen de especies extremadamente singulares para el territorio, lo que en muchos grupos se traduce como altos grados de endemismo (Cuadro 4.3), el cual está fuertemente concentrado en el territorio insular chileno. En el caso de las macroalgas, los porcentajes más altos de endemismo están presentes en la Antártica (33%) y el archipiélago Juan Fernández (30%), seguidos por las islas Desventuradas (23,3%) y Chile continental (22,7%). Los valores de endemismo para Chile continental son comparativamente altos en relación con otras áreas templadas del mundo como el Pacífico Norte, y bajos en relación con otras áreas geográficas templadas del hemisferio sur, como Australia que presenta valores de endemismo de especies superior al 70% y Nueva Zelanda, con valores que superan el 40%³³. Para plantas vasculares, alrededor de un 50% de las dicotiledóneas, un 40% de monocotiledóneas, un 20% de las gimnospermas y un 35% de las pteridófitas son exclusivas del territorio nacional. Para las plantas no vasculares (hepáticas, musgos y antóceros) se estima un nivel de endemismo que fluctúa entre el 40 y el 60% a nivel de biomas, mientras que a nivel de territorio político el endemismo no superaría el 15% (Juan Larraín, comunicación personal). Sin embargo, no hay un catastro actualizado del origen biogeográfico para este grupo que permita determinar con certeza estos valores. Situación similar ocurre con los hongos y líquenes, para los cuales los valores de riqueza de especies aceptados se han mantenido inalterados desde 1999 y sin información sobre el porcentaje de endemismo a nivel nacional, aún cuando se estima que este es de alrededor de un 50% (Goetz Palfner, comunicación personal). Actualmente la “Fundación Fungi” en conjunto con el Ministerio del Medio Ambiente y la Pontificia Universidad Católica de Chile están trabajando en el primer mapeo y catastro de hongos en Chile, el que se espera tener disponible durante el 2019 (Fundación Fungi, comunicación personal).

28 Rodríguez et al. (2018). Catálogo de las plantas vasculares de Chile. *Gayana Botánica* 75(1): 1-430

29 Macaya E & Zuccarello G (2010a). Op. cit.

30 Macaya, E & Zuccarello, G (2010b). Op. cit.

31 Gonzáles et al. (2012). Identification of cryptic species in the *Lessonia nigrescens* complex (Phaeophyceae, Laminariales). *Journal of Phycology* 48: 1153-1165.

32 Guillemín M et al. (2016). Op. cit.

33 Dring MJ (1982). *The biology of marine plants* (Contemporary biology). London: Edward Arnold Publishers.

Dentro de los invertebrados, el endemismo alcanza el 49% en insectos (valor promedio entre el endemismo descrito para himenópteros, lepidópteros, tricópteros, coleópteros, dípteros, sifonápteros y heterópteros³⁴), mientras que otros invertebrados, como briozoos, alcanzan valores cercanos al 82 por ciento. Los moluscos, por su parte, presentan un 66% y 35% de endemismo en el Archipiélago de Juan Fernández y en Isla de Pascua, respectivamente. Entre los vertebrados, destacan por su alto endemismo grupos como los anfibios (sapos y ranas) donde el 63% de las especies son exclusivas de Chile; los reptiles con un 61% de endemismo y los peces de aguas continentales con el 81% de especies endémicas. Un alto endemismo es también observado entre peces litorales en Juan Fernández, alcanzando casi un 90 %³⁵. Otros grupos, en cambio, no poseen esta particularidad, especialmente aquellos con mayor movilidad, como las aves, en las cuales poco menos del 2% de las especies registradas en Chile son exclusivas del territorio. Para el grupo de mamíferos, aun cuando no supera el 10 % de endemismo, existen singularidades destacadas como es el caso del monito del monte (*Dromiciops gliroides*), el cual no es solo el único género en una familia endémica (*Microbiotheriidae*), sino el único representante conocido de un orden completo (*Microbiotheria*).

Cuadro 4.3 Endemismo de los principales grupos biológicos	
Grupo biológico	% endémicas
Macroalgas	
Chile continental	22,7
Isla de Pascua	13,3
Archipiélago de Juan Fernández	30
Islas Desventuradas	23,3
Territorio antártico	33
Plantas no vasculares (hepáticas, musgos, antóceros)	40
Plantas vasculares	
Pteridofitas (helechos y lycopodios)	35
Gimnospermas (pinófitas y gnetófitas)	20
Liliopsida (Monocotiledóneas)	39
Magnoliopsida (Dicotiledóneas)	49
Hongos y Líquenes	24
Invertebrados	
Arthropodos Hexapodos	49
Arthropodos Crustacea	20
Otros invertebrados (Briozoos)	82
Vertebrados	
Peces aguas continentales	86
Anfibios	63
Reptiles	61
Aves	2
Mamíferos (terrestres y marinos)	9
FUENTE: Elaboración propia a partir de datos obtenidos en Ministerio del Medio Ambiente (2018 ^a) para la mayoría de los grupos; Rodríguez et al. (2018) para plantas; Lobos et al. (2013) para anfibios; Ruiz de Gamboa (2016) para reptiles; Habit et al. (2006) para peces continentales y comunicación personales de J. Larraín para Musgos y de G. Palfner para Hongos.	

Tanto la riqueza de especies como el grado de endemismo se encuentran heterogéneamente distribuidos en el territorio nacional. Si embargo, es importante considerar que el panorama sobre riqueza, endemismo y distribución de la diversidad biológica de Chile está basado en un conocimiento incompleto y heterogéneo de la biota. Las diferentes regiones de Chile han sido estudiadas de manera muy desigual, lo cual puede generar patrones espúreos de la distribución de la diversidad de especies. Por ejemplo, la región de Magallanes y Antártica chilena concentra la mayor riqueza de especies y endemismos de algas bentónicas del territorio³⁶. Aunque

34 Simonetti, JA (2002). Diversidad biológica. En: Estado del medio ambiente en Chile (Glago, N, ed.), pp. 161-195. LOM Ediciones, Santiago.

35 Ministerio del Medio Ambiente (2018a). *Op. cit.*

36 Ramírez, ME (1995). Algas Marinas Bentónicas. En: Diversidad Biológica de Chile (Simonetti J, Arroyo MTK; Spotorno A & Lozada E (eds), pp38-47. CONICYT, Chile.

estos valores podrían responder a la mayor exploración florística realizada en el área durante los siglos pasados, esta área es la que presenta un mayor desafío de exploración para ratificar los tempranos registros de especies. Muchos de los taxa citados para la parte austral del territorio, entre los 50 y 55°S, son conocidos por sólo uno o dos registros de colecta, sin haber sido recolectados posteriormente; consecuentemente son registros dudosos, sujetos a verificación. De igual forma, la variación en la riqueza geográfica de poliquetos bentónicos está asociada a una intensidad de investigación desbalanceada en diferentes porciones de la costa chilena. Chile central sería una zona de alta riqueza, con un 62 por ciento de las especies de poliquetos chilenos. Es precisamente en esta zona es donde se ha realizado sobre el 60% de las investigaciones, mientras que la región norte del país, con sólo el 11 por ciento de la fauna poliquetológica, se ha realizado sólo un 16% de las investigaciones.

Aún así, se pueden apreciar ciertos patrones generales. Tanto para aves, como para árboles, arbustos, mariposas y reptiles, se observa un patrón típico de distribución con un mayor número de especies en la intersección de la región Mediterránea y Templada (entre las regiones del Maule y de Aysén). La riqueza de mamíferos en Chile presenta un patrón latitudinal complejo, que no corresponde a la típica disminución de especies a medida que aumenta la latitud (es decir mayor riqueza en los trópicos y menor hacia los polos). De hecho, existen dos o tres valores máximos de riqueza que coinciden con ciertas regiones ecológicas, como la puna y la estepa patagónica³⁷, o áreas muy especiales de transición faunística como es el sector del río Biobío. Para los anfibios, la mayor riqueza de especies se concentra en los bosques templados del sur, particularmente en la Cordillera de la Costa de las regiones del Biobío, La Araucanía y Los Ríos. Es aquí donde encontramos la mayor cantidad de especies endémicas, muchas de ellas con distribuciones muy reducidas³⁸. Para el caso de los reptiles, la mayor riqueza de especies se encuentra en las zonas centro y norte (entre Arica y Paríacota y Maule), pero el endemismo se concentra en el extremo norte del país³⁹. Para las aves, ocurre un patrón contrastante entre riqueza y endemismo: la mayor riqueza se encuentra en el extremo norte (Arica y Paríacota) y en el sur del país (desde el Maule a Los Lagos), mientras que el endemismo se circunscribe a la zona central e insular (Coquimbo a Biobío⁴⁰). Algo similar ocurre con los mamíferos terrestres, cuya mayor riqueza de especies se ubica en los extremos norte y sur, mientras que la mayor cantidad de especies endémicas se encuentra en la zona central (entre la región de Coquimbo y Biobío⁴¹).

Hay que señalar que existen una serie de estudios específicos sobre biodiversidad de componentes de la naturaleza, que son relevantes para analizar los comportamientos sistémicos de ellos. Es muy importante la biodiversidad en los estudios sobre el suelo, especialmente para uso agrícola. Para profundizar este tema ver Segunda parte Capítulo 5 Suelos.

4.1.1.2 Diversidad de ecosistemas

Los ecosistemas son el conjunto de elementos bióticos y físicos de un medio y la interacción entre ellos que, en conjunto, forman una unidad funcional. Cada ecosistema da cuenta de un equilibrio dinámico entre los elementos bióticos y físicos, los que a partir de su funcionamiento e interacciones proveen una serie de servicios, denominados “servicios ecosistémicos”, que van desde la regulación del ciclo hidrológico, hasta la provisión de bienes y servicios directos para la Humanidad, tales como fibra, alimento, forraje, y medicina, entre otros. Para la Sociedad, la biodiversidad no es solo valiosa desde el punto de vista ético de preservación, sino que necesaria para su desarrollo, tanto en lo económico (valores de uso) como en lo espiritual y cultural (valores de no uso)⁴².

Dada su extensión latitudinal y sus marcados gradientes altitudinales, Chile continental contiene una amplia variedad de climas, geografías y ecosistemas agrupados en ecorregiones. El Fondo Mundial para la Naturaleza (World Wildlife Fund for Nature, WWF) define una ecorregión como un área extensa de tierra o agua que contiene un conjunto geográficamente distintivo de comunidades naturales que comparten la gran mayoría de sus especies y dinámicas ecológicas, comparten condiciones medioambientales similares e interactúan ecológicamente de manera determinante para su subsistencia a largo plazo. Diferentes propuestas de clasificación de ecorregiones han sido realizadas tanto a nivel internacional como nacional. Estas clasificaciones, aunque a veces disímiles, son fundamentales para poder establecer los estados actuales y las prioridades de conservación.

Se destacan las clasificaciones y evaluaciones del estado de conservación de las ecorregiones terrestres⁴³, dulceacuícolas⁴⁴ y marinas⁴⁵ para América Latina y el Caribe realizadas entre 1995 y 1999 por el Banco Mundial, la WWF y The Nature Conservancy (TNC). En estas

37 Samaniego H & Marquet PA (2009). *Op cit.*

38 Formas JR (1995) Anfibios. En: *Diversidad Biológica de Chile* (Simonetti J, Arroyo MTK; Spotorno A & Lozada E (eds), pp. 314-325. CONICYT, Santiago.

39 Veloso A et al. (1995). Reptiles. En: *Diversidad Biológica de Chile*, Ibid.

40 Araya B & Bernal M (1995). Aves. En: *Diversidad Biológica de Chile*, Ibid.

41 Contreras LC & Yáñez JL (1995). Mamíferos. En: *Diversidad Biológica de Chile*, Ibid.

42 Ministerio del Medio Ambiente (2015). *Op cit.*

43 Dinerstein E et al. (1995). *Una Evaluación del Estado de Conservación de las Ecorregiones Terrestres de América Latina y el Caribe*. Banco Mundial. Washington DC, USA.

44 Olson et al. (1998). *Freshwater biodiversity of Latin America and the Caribbean: A conservation assessment*. Washington, DC (USA) Biodiversity Support Program.

45 Sullivan & Bustamante (1999). *Setting geographic priorities for marine conservation in Latin America and the Caribbean*. The Nature Conservancy, Arlington, VA (USA).

evaluaciones se describen 12 ecorregiones terrestres para Chile, 13 dulceacuícolas y 6 marinas (Cuadro 4.4). Entre estas ecorregiones destacan como únicas a nuestro país casi todas las ecorregiones marinas, las ecorregiones terrestres del bosque lluvioso invernal, matorral de Chile central y desierto de Atacama y las ecorregiones dulceacuícolas de Chile mediterráneo norte y sur. Otras ecorregiones son sólo compartidas con algunos países limítrofes como Argentina, Perú o Bolivia. En el año 2002, a través de su proyecto Global 200⁴⁶, la WWF analizó los patrones globales de biodiversidad y el carácter distintivo de las ecorregiones del mundo para identificar el conjunto de ellas que albergara una biodiversidad excepcional y que fueran representativas de sus ecosistemas (238 en total, entre terrestres, dulceacuícolas y marinas). Entre estas ecorregiones prioritarias se encuentran la Puna árida de los Andes centrales, el Matorral de Chile central, el Desierto de Sechura, las islas de los archipiélagos de Juan Fernández y Desventuradas, la ecorregión Humboldtiana y los Bosques templados de Valdivia. Esta última región ha sido además clasificada como uno de los 36 “hotspots” de biodiversidad en el mundo, definidos por la organización no gubernamental “Conservation International”⁴⁷.

Cuadro 4.4 Ecorregiones terrestres, dulceacuícolas y marinas

Tipo de ecorregión	Tipos de hábitats (terrestres y dulceacuícolas) o provincias (marinas)	Ecorregiones de Chile
Terrestre	Bosque templado	Bosques de lluvia invernal de Chile (Ch)
		Bosques templados de Valdivia (Ch y A)*
		Bosques subpolares de Nothofagus (Ch y A)
	Pastizales montanos	Puna de los Andes centrales (Ch, A, B, P)
		Puna húmeda de los Andes centrales (Ch, P, B)
		Puna árida de los Andes centrales (Ch, A, B)*
		Estepa del sur de los Andes (Ch y A)
		Estepa de la Patagonia (Ch y A)
		Pastizales de la Patagonia (Ch y A)
	Matorrales mediterráneos	Matorral de Chile central (Ch)*
	Desiertos y matorrales xéricos	Desierto de Sechura (Ch y P)*
		Desierto de Atacama (Ch)
Dulceacuícola	Cuencas endorreicas (cerradas) de la región xérica	Puna árida (Ch, B, A y P)
		Pampas subandinas
	Ríos y arroyos de la región xérica	Desierto de Atacama/Sechura (Ch y P)
		Desierto costero del Pacífico (Ch y P)
		Chile mediterráneo norte (Ch)
		Chile mediterráneo sur (Ch)
		Tierra del Fuego-Río Grande (Ch y A)
		Río Gallegos (Ch y A)
	Región húmeda de ríos y arroyos	Islas Juan Fernández (Ch)*
		Valdiviana (Ch)
		Isla de Chiloé (Ch)
		Archipiélago de los Chonos (Ch)
	Arroyos fríos y pantanos	Magallanes/Ultima Esperanza (Ch)

46 Olson DM & Dinerstein E (2002). The Global 200: Priority ecoregions for global conservation. *Annals of the Missouri Botanical Garden* 89(2):199-224.

47 Mittermeier RA et al. (2011). Global biodiversity conservation: the critical role of hotspots. In: *Biodiversity hotspots* (pp. 3-22). Springer Berlin Heidelberg.

Marina	Provincia del Pacífico sudeste cálido y templado	Humboldtiana*
		Chile Central
		Araucana
	Provincia de Sudamérica templada-fría	Chiloense
		Canales y Fiordos del sur de Chile
	Provincia de Juan Fernández y Desventuradas	Islas de Juan Fernández y Desventuradas*

FUENTE: Elaboración propia en base a los informes de evaluación del estado de conservación de la biodiversidad terrestre (Dinerstein et al., 1995), marina (Sullivan & Bustamante, 1999) y dulceacuicola (Olson et al., 1998) para Latinoamérica y el Caribe.
 * Ecorregiones clasificadas como prioritarias según el proyecto G200 de la WWF (Olson & Dinerstein, 2002). Ch: Chile; A: Argentina; P: Perú; B: Bolivia

La clasificación de ecosistemas es una tarea compleja que requiere del conocimiento de los diferentes componentes a través de los que fluye la energía y nutrientes. Sin embargo, esta clasificación es fundamental para poder conocer el estado de nuestro patrimonio natural y establecer estrategias de protección⁴⁸. La vegetación, definida como la forma en que los componentes vegetales del ecosistema ocupan el espacio, ha sido usada como un buen sustituto del ecosistema completo debido, entre otras ventajas, a que los componentes vegetales permiten la entrada de energía a los ecosistemas (a través de la fotosíntesis) y concentran la mayor proporción de la biomasa y productividad de los ecosistemas⁴⁹.

Bajo esta premisa, variadas propuestas de clasificación de ecosistemas han sido realizadas para Chile. Entre estas destacan las propuestas hechas por di Castri (1968), Artigas (1975), Fuentes (1995) y Gajardo (1994), varias de ellas aún citadas y utilizadas como referencia. A nivel de ecosistemas terrestres, la clasificación más aceptada en la actualidad, y la oficialmente utilizada por el Ministerio del Medio Ambiente (MMA) para la evaluación del estado de conservación de los ecosistemas, es la propuesta por Luebert y Plischoff (2006)⁵⁰. Esta clasificación, que se basa en la previamente propuesta por Gajardo (1994), propone como unidad de análisis para la representación de los ecosistemas el uso del concepto de “piso de vegetación”⁵¹, sobre la base de variables bioclimáticas y atributos vegetacionales del territorio. Estos pisos vegetacionales presentan la ventaja de que se pueden representar cartográficamente y así evaluar su estado de amenaza a través de la estimación de su superficie remanente, de manera de orientar la identificación de prioridades de conservación de biodiversidad a escala nacional⁵⁰. La aplicación de este enfoque ha permitido la identificación de 18 formaciones vegetales (o biomas) que reúnen un total de 127 pisos de vegetación o ecosistemas terrestres zonales, equivalente a una superficie de 623.338 km². La lista completa de ecosistemas terrestres definidos para Chile continental, agrupados en formaciones vegetales y con sus respectivas superficies remanentes (km²) se presenta en el Anexo 4.1. Una descripción detallada y documentada de cada una de estas unidades, así como su correspondiente cartografía, se encuentra en Luebert & Plischoff (2017)⁵².

Una propuesta alternativa de clasificación es la realizada recientemente por Martínez-Tillería et al. (2017)⁵³ para Chile terrestre continental. Esta clasificación combina el uso de la tierra, los rasgos funcionales de las especies de plantas dominantes y los factores climáticos para identificar los ecosistemas terrestres chilenos. A través de esta metodología se identificaron 25 ecosistemas terrestres naturales y 5 de origen antropogénico, desde estepa altoandina pasando por dunas, ambientes urbanos, complejos industriales mineros, hasta plantaciones de pinos y bosques subantárticos (Cuadro 4.5). Los autores proporcionan también una representación cartográfica de los ecosistemas para fines de planificación territorial y una evaluación general de su estado de conservación. Entre los aspectos positivos de esta forma de clasificación se cuenta la integración de información geográfica, de vegetación, combinada con criterios funcionales como tipo de cobertura de suelo, tipo de uso de suelo, saturación de agua del suelo, entre otros.

Utilizando la clasificación hecha por Martínez-Tillería et al. (2017) se evaluó la representación de estos 30 ecosistemas en el Sistema Nacional de Áreas Protegidas de Chile (SNASPE) y en las Áreas Protegidas Privadas (APP), identificando 15 ecosistemas sub-representados en el SNASPE (menos del objetivo del 17% comprometido por Chile ante la Convención de Diversidad Biológica), mientras que al incluir las APP sólo 11 se encontraban sub-representadas (Cuadro 4.5). Además, los resultados de esta clasificación muestran que dos de los tres diferentes ecosistemas de estepa no están cubiertos por el SNASPE, sin embargo, cuando se agrega

48 En el marco de la Convención de Diversidad Biológica de Naciones Unidas, firmada en 1992 por 193 países, incluido Chile, cada una de las naciones se compromete a proteger el 17% de sus ecosistemas naturales terrestres para el año 2020.

49 Leuschner C (2013). Vegetation and ecosystems. En: Vegetation ecology, second edition (van der Maarel E. y J. Franklin, eds.), pp. 285-307. Blackwell Science, Oxford.

50 Luebert F & Plischoff P (2006). Sinopsis bioclimática y vegetal de Chile. Santiago de Chile. Santiago, Chile: Editorial Universitaria.

51 El concepto de piso de vegetación se define como “espacios caracterizados por un conjunto de comunidades vegetales zonales con estructura y fisionomía uniforme, situadas bajo condiciones mesoclimáticamente homogéneas, que ocupan una posición determinada a lo largo de un gradiente de elevación, a una escala espacio-temporal específica”. (Luebert, F. y P. Plischoff, 2008)

52 Luebert F y P Plischoff (2017). Sinopsis bioclimática y vegetal de Chile. Segunda edición. Editorial Universitaria, Santiago.

53 Martínez-Tillería et al. (2017). A framework for the classification Chilean terrestrial ecosystems as a tool for achieving global conservation targets. Biodivers Conserv 26: 2857–2876

las APP, estos tres ecosistemas alcanzan la meta del 17%. Los ecosistemas dominados por las suculentas están también muy poco representados tanto en áreas del SNASPE como en áreas privadas, lo que requiere acciones de conservación urgentes. Lo mismo ocurre con los ecosistemas dominados por matorrales y bosques ubicados en el centro de Chile, con una cobertura extremadamente baja de protección (3%). Con la excepción de los bosques esclerófilos y los bosques deciduos de invierno del centro de Chile, la mayoría de los ecosistemas forestales están bien representados en el SNASPE. Los ecosistemas de condiciones extremas (alta/baja temperatura), como las salinas, los ecosistemas de dunas de arena y los desiertos tienen algo de protección, de igual manera que el desierto en Chile, el cual a pesar de su gran extensión cuenta con solo 2.1% bajo protección.

Cuadro 4.5 Clasificación de los ecosistemas terrestres de Chile

Ecosistemas	Cobertura en Chile	Cobertura protegida en SNASPE		Cobertura protegida en SNASPE+APP	
	km²	km²	%	km²	%
Estepa altoandina	21.062	4.165	19,8	4.168	19,8
Estepa andina central de Chile *	3.986	357	8,9	381	9,5
Estepa patagónica *	19.921	958	4,8	1.372	6,9
Ecosistemas dominados por suculentas *	1.810	70	3,9	70	3,9
Matorral de hoja perenne con hojas micrófilas *	88.927	3.246	3,7	5.324	6,0
Matorral de hoja perenne con hojas macrófilas *	10.205	157	1,5	398	3,9
Matorral de sequía-caducifolio *	21.376	310	1,5	501	2,3
Ecosistema de bosque esclerófilo de hoja ancha *	12.826	147	1,1	265	2,1
Ecosistema de bosques templados cálidos y templados **	23.601	2.740	11,6	4.059	17,2
Ecosistema de bosques fríos-templados de hoja ancha	39.343	14.837	37,7	1.701	43,2
Ecosistema de bosques subantárticos de hoja ancha	24.749	8.806	35,6	10.052	40,6
Ecosistemas forestales dominados por coníferas	3.424	1.550	45,3	1.732	50,6
Ecosistema desértico de bosques caducifolios del desierto	1.180	250	21,2	250	21,2
Ecosistema de bosques templados y templados de invierno *	17.872	541	3,0	871	4,9
Ecosistema de bosque frío-templado de invierno caducifolio **	33.033	5.521	16,7	7.637	23,1
Ecosistema salino *	8.363	617	7,4	678	8,1
Ecosistemas de dunas de arena *	1.942	47	2,4	58	3,0
Ecosistemas sobre flujos de lava rocas volcánicas y cenizas	1.475	521	35,3	530	35,9
Ecosistema desértico de baja elevación *	12.733	–	0,0	503	4,0
Ecosistemas del desierto andino por encima de la línea de árboles*	42.467	2.720	6,4	3.381	8,0
Desierto absoluto *	139.555	2.963	2,1	2.972	2,1
Glaciares	26.889	18.118	67,4	19.382	72,1
Ecosistemas telmáticos	45.162	29.117	64,5	29.517	65,4
Ecosistemas acuáticos	9.043	2.155	23,8	2.262	25,0
Ecosistemas dominados por especies invasoras ***	1.052	–	–	–	–
Ecosistemas urbanos ***	2.036	–	–	–	–
Complejos industriales-mineros ***	163	–	–	–	–
Ecosistemas agropastorales de uso intensivo ***	52.837	–	–	–	–
Plantaciones de coníferas ***	21.401	–	–	–	–
Plantaciones de hoja ancha ***	4.212	–	–	–	–

FUENTE: Elaboración propia en base a Martínez-Tillería et al. (2017).

SNASPE: Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas del Estado; APP: Áreas Protegidas Privadas

* El ecosistema no cumple el objetivo de protección del 17% dentro del SNASPE

** El ecosistema cumple con el objetivo de protección del 17% después de agregar las APP

*** Ecosistemas antropogénicos.

Tanto la clasificación propuesta por Luebert & Pliscoff (2006) como la de Martínez-Tillería et al. (2017) se enfocan sólo sobre los ecosistemas terrestres continentales de Chile sin incluir los territorios insulares, los cuales poseen una vegetación particular y de gran relevancia biogeográfica. En Islas Desventuradas, compuestas por San Félix y San Ambrosio, existe un matorral caracterizado por la presencia de la compuesta arbórea *Thamnosseris lacerata*, que se distribuye por todos los sectores de las islas, presentando un mayor desarrollo en la isla de San Ambrosio. El segundo tipo de vegetación es un pastizal de gramíneas compuesto por un alto número de especies exóticas, relacionado directamente con las áreas de presencia humana. La Isla de Pascua, por su parte, presenta una vegetación dominada completamente por pastizales, salvo en los cráteres de los volcanes, donde el mayor desarrollo del suelo y la humedad permiten la presencia de algunas especies arbóreas. La diversidad de especies en la isla es baja, presentándose solo un pequeño número de helechos y gramíneas endémicos. En el Archipiélago de Juan Fernández, conformado por las islas Robinson Crusoe, Alejandro Selkirk y el islote Santa Clara, se presenta una de las vegetaciones más particulares y atractivas del territorio nacional, presentando una gran presencia de endemismos. Aquí se encuentran unidades vegetacionales compuestas por pastizal nativo y bosque siempreverde⁵⁴.

Otro tipo de ecosistemas son los acuáticos continentales, los cuales cumplen funciones fundamentales para la existencia de la vida y el desarrollo de la biodiversidad. Internacionalmente estos abarcan los lagos y ríos, acuíferos subterráneos, pantanos y marismas, pastizales húmedos, turberas, oasis, estuarios, deltas y bajos de marea, manglares y otras zonas costeras, arrecifes coralinos, y sitios artificiales como estanques piscícolas, arrozales y salinas, todos ellos también englobados bajo el nombre de “humedales” (Clasificación Convención Ramsar). En Chile, los más frecuentes son los bofedales, turberas, vegas, estuarios, salares, marismas, llanuras de inundación, pantanos, lagos, lagunas y ríos. Algunos de estos ecosistemas acuáticos destacan por su singularidad, como los complejos de humedales altoandinos, que presentan una biología única, organismos extremófilos y peces nativos del género *Orestias*, con seis especies endémicas y cuyo hábitat se encuentra exclusivamente en algunas lagunas y esteros de cuencas endorreicas del altiplano chileno (entre los 3.000 a los 4.500 m snm). Otros sistemas especiales son los humedales costeros, que sostienen economías locales como la pesca artesanal, distribuidos a lo largo de la costa chilena.

En general, la información sobre biodiversidad de los ecosistemas acuáticos en Chile es dispersa, no sistemática, y con una notable diferencia en los esfuerzos de investigación y caracterización realizados en las distintas regiones. Catastros realizados por Castro et al. (1993, 2003), registraron la presencia de 435 humedales ubicados sobre una altitud de 3.000 m snm, entre los 17° y 26° de latitud sur⁵⁵. En 1999, CONAMA y CONAF desarrollaron un catastro que abarca alrededor de 4,5 millones de hectáreas de humedales del país, 6% del territorio nacional, evaluando su vínculo con el SNASPE⁵⁶. El Ministerio de Obras Públicas (a través de la DGA), por su parte, ha cartografiado los acuíferos que alimentan vegas y bofedales de la Región de Antofagasta, Arica y Parinacota, Tarapacá y Atacama. En 2006 CONAMA-CEA⁵⁷ propusieron una nueva clasificación y desarrollan un catastro de humedales en base a ecotipos, a partir de la asociación de variables abióticas correlacionadas con la estructura y funcionamiento de “familias” de humedales (Cuadro 4.6).

Cuadro 4.6 Ecosistemas dulceacuícolas (CONAMA-CEA, 2006)

Variedad de ecotipos	Clase de ecotipos	Nombre común	Áreas donde se expresan los tipos de humedales
Humedal costero	Intrusión salina	Lagos costeros lagunas costeras, marismas, estuarios y deltas.	Lago Budi, Sitio Ramsar Laguna Conchalí, Laguna Cahuil, Sitio Ramsar El Yali, Humedal Tubul-Raqui, Estuario del río Queule, intermareal de Putemún
	Evaporación	Salares, bofedales, “puquios”	Salar de Atacama, Sitio Ramsar Surire, Sitio Ramsar sistema hidrológico Soncor, Salar de Huasco, Sitio Ramsar Negro Francisco y Santa Rosa, entre otros.
Humedal continental	Infiltración	Hualves, pitrantes, ñadis, charcos, pantanos de aguas dulces	Humedales en depresión central de las regiones VII-IX y sectores de Chiloé. Zona costera de Araucanía; entre Queule y Toltén
	Infiltración saturado	Mallines, turberas, pompinales	Parque Karukinka (Tierra del Fuego), Parque Nacional Torres del Paine, Parque Nacional Chiloé, Parque Tantauco.
	Escurrentía	Ríos, lagos, esteros, arroyos	Río Lluta, Lago Chungará, ríos y esteros en el Sitio Ramsar Parque Andino Juncal, estero Tongoy, Lago Llu-Lleu.

⁵⁴ Ministerio del Medio Ambiente (2018b). Op. cit

⁵⁵ Citado en: Ministerio del Medio Ambiente – Centro de Ecología Aplicada (2011). Diseño del inventario nacional de humedales y el seguimiento ambiental. Ministerio de Medio Ambiente. Santiago. Chile. 164 pp.

⁵⁶ CONAMA-CONAF-BIRF (1999). Catastro y evaluación de los recursos vegetacionales nativos de Chile: Informe nacional con variables ambientales. Santiago, Chile.

⁵⁷ CONAMA-Centro de Ecología Aplicada (2006). Protección y manejo sustentable de Humedales integrados a la cuenca hidrográfica.

Afloramientos subterráneos	Praderas andinas, ciénagas, vegas	Sitio Ramsar Laguna Santa Rosa y Negro Francisco, Parinacota, Jachucoposa, Ciénagas de Name	

FUENTE: Elaboración propia a partir de información de Humedales de Chile en sitio web del Ministerio del Medio Ambiente: <https://humedaleschile.mma.gob.cl/ecosistemas/humedales/>

Más tarde, en 2011, el MMA y CEA realizaron un Catastro Nacional de Humedales⁵⁸ donde se plantea una categorización de los cuerpos de agua, distinguiéndose ríos, lagos y humedales como unidades ecológicas de análisis, para apoyar los mecanismos e instrumentos de gestión territorial del Estado. Los resultados de este catastro evidenciaron que el país cuenta con un total de 14.604 km² de superficie de humedales dentro del territorio nacional⁵⁹ (Cuadro 4.7). Hasta ahora los resultados muestran un bajo grado de representación de los ecosistemas acuáticos en el SNASPE a escala regional y nacional, ya que sólo el 0,5% de los humedales del país se encontraría en áreas de protección oficial y equivalen al 2,7% de las áreas protegidas⁶⁰.

Los ecosistemas extremófilos altoandinos, así como los de agua subterránea, son ecosistemas dulceacuícolas que no han sido considerados dentro de las clasificaciones descritas y para los cuales poca información existe sobre sus estados de conservación.

Cuadro 4.7 Ubicación y superficie de lagos, ríos y humedales				
Región	Lagos (km ²)	Ríos (km ²)	Humedales (km ²)	Total en km ²
Arica y Parinacota	56	34	196	286
Tarapacá	12	14	111	137
Antofagasta	167	76	166	409
Atacama	87	12	78	177
Coquimbo	9	10	140	159
Valparaíso	15	27	24	66
Metropolitana	22	61	49	132
O'Higgins	6	4	101	111
Maule	115	171	138	424
BioBio	176	282	64	522
Los Ríos	1050	230	13	1293
Araucanía	561	176	82	819
Isla Grande de Chiloé	130	49	116	295
Los Lagos	178	232	2036	2446
Aysen	4000	329	113	4442
Magallanes y Antártica Chilena	2700	180	6	2886
TOTAL	9.284	1.887	3.433	14.604

FUENTE: Ministerio del Medio Ambiente (2014b). Estas cifras no contemplan los humedales de las islas oceánicas, las turberas, ni los mallines de la zona sur austral (regiones de Aysén y Magallanes)

Chile posee una línea de costa de aproximadamente 83.850 km, considerando el perímetro de todos sus territorios insulares del sur y oceánicos. La superficie total de sus 200 millas marinas, o Zona Económica Exclusiva (ZEE), es de 3.409.122 km² aproximadamente, alojando intereses de conservación y aprovechamiento de recursos naturales en los mares antárticos. En este contexto, cuatro ecosistemas marinos han sido descritos desde el punto de vista oceanográfico: 1) Ecosistema del Giro Central del Pacífico Sur, 2)

58 Ministerio del Medio Ambiente – Centro de Ecología Aplicada (2011). Op. Cit.

59 Ministerio del Medio Ambiente (2014b). Quinto Informe Nacional de Biodiversidad de Chile ante el Convenio sobre la Diversidad Biológica (CBD). Ministerio del Medio Ambiente. Santiago, Chile, 140 pp.

60 Ministerio del Medio Ambiente (2016b). Informe del Estado del Medio Ambiente

Ecosistema del Margen Oriental del Pacífico Sureste, 3) Ecosistema Subantártico y 4) Ecosistema Antártico. A la altura del ecosistema del Giro Central del Pacífico Sur es posible encontrar dos tipos de ecosistemas: el pelágico y el insular, mientras que en el Margen Oriental del Pacífico Sureste encontramos los ecosistemas de surgencias y los ecosistemas de bahías. Dentro del Ecosistema Subantártico es posible distinguir tres ecosistemas principales: Ecosistema Oceánico, Ecosistema de los Mares Interiores y Ecosistemas Estuarinos. Adicionalmente, y tomando en cuenta la topografía la cuenca oceánica y la dinámica de las corrientes marinas, otros dos tipos de ecosistemas han sido considerados en los últimos años: 5) Los Ecosistemas de montes submarinos y 6) Los Ecosistemas de profundidades (Cuadro 4.8).

Cuadro 4.8 Ecosistemas marinos desde el punto de vista oceanográfico y biológico

Ecosistema
Ecosistema del Giro Central del Pacífico Sur
Pelágico
Insular
Ecosistema de Margen Oriental del Pacífico Sureste
Ecosistemas de surgencias
Ecosistemas de bahías
Ecosistema Subantártico
Ecosistema Oceánico
Ecosistema de los Mares Interiores
Ecosistemas Estuarinos
Ecosistema Antártico
Ecosistemas de montes submarinos
Ecosistemas de las profundidades

FUENTE: Elaboración propia a partir de información extraída del capítulo "Ecosistemas Marinos" en Ministerio del Medio Ambiente (2018b).

Una clasificación diferente de los ecosistemas marinos es la desarrollada entre 2015 y 2016 por el MMA, con el fin de contar con un inventario de ecosistemas marinos en Chile para la planificación de su conservación y protección. Esta clasificación arrojó un total de 96 ecosistemas marinos que van desde Arica hasta Cabo de Hornos, incluyendo las islas oceánicas, definidos y distinguidos de acuerdo a criterios de profundidad, sustrato del fondo, existencia de áreas singulares como las zonas de surgencia, montes submarinos, entre otros. Los 96 ecosistemas marinos incluyen sectores como Zona de Surgencia Norte Grande; Litoral Los Molles; Litoral Duro Chile Central; Mesobentónico Centro Sur; Fiordo de Chiloé Continental; Senos del Golfo de Pena; Beagle Ballenero-Magallanes; Montes Submarinos Isla Desventuradas; Abisal Archipiélago Juan Fernández; Litoral Isla de Pascua y Montes Submarinos Pacífico Austral Oceánico, entre otros. La lista completa de esta propuesta de clasificación se encuentra en el Anexo 4.2⁶¹.

4.2 ESTADO DE CONSERVACIÓN DE LA BIODIVERSIDAD

La pérdida de diversidad biológica se traduce en una disminución de la variabilidad genética, pérdida de especies, disrupción de ecosistemas, dificultades de adaptación a cambios climáticos y reducción de servicios ecosistémicos. Por ello, la diversidad biológica, entendida como el patrimonio ambiental de cada país, es un bien que debemos resguardar.

Diversos esfuerzos han sido hechos en Chile para clasificar el estado de conservación de la biodiversidad. En 2005, la entonces Comisión Nacional de Medio Ambiente, hoy Ministerio del Medio Ambiente, publicó a través de la Secretaría General de la Presidencia un reglamento que unificaría las listas anteriores (e.g. el Reglamento de la Ley de Caza, los Libros Rojos de CONAF, el Boletín 47 del Museo de Historia Natural y otras listas realizadas por científicos). Este reglamento fue sustituido en 2011 por el Decreto Supremo N° 29 de 2011 (vigente actualmente), que incorpora nuevos grupos taxonómicos susceptibles de ser catalogados y adapta las categorías de clasificación a aquellas propuestas por UICN, ampliamente reconocidas a nivel internacional para evaluar el estado de conservación de las especies. Asimismo, también determinó que hasta que las especies estén catalogadas en este nuevo sistema, sus categorías en las listas anteriores seguirían vigentes. Actualmente (julio de 2019) se han completado 15 procesos de clasificación del Reglamento de Clasificación de Especies (RCE, Cuadro 4.1). La invitación a sugerir especies para su clasificación para el proceso N°16 de la RCE fue realizada durante este año y está a la espera de su evaluación.

61 Ministerio del Medio Ambiente (2016a). Clasificación de ecosistemas marinos chilenos de la zona económica exclusiva. Ministerio del Medio Ambiente (2016). Clasificación de ecosistemas marinos chilenos de la zona económica exclusiva.

Cuadro 4.9 N° de especies clasificadas en el marco del Reglamento de Clasificación de Especies según su Estado de Conservación (RCE), desde 2005 hasta 2019.

Proceso	Decreto	Diario oficial	N° de especies
1	DS N° 151/2006	24 marzo 2007	33
2	DS N° 50/2008	30 junio 2008	71
3	DS N° 51/2008	30 junio 2008	61
4	DS N° 23/2009	7 mayo 2009	133
5	DS N° 33/2011	27 febrero 2012	112
6	DS N° 41/2011	11 abril 2012	73
7	DS N° 42/2011	11 abril 2012	111
8	DS N° 19/2012	11 febrero 2013	96
9	DS N° 13/2013	25 julio 2013	110
10	DS N° 52/2014	29 agosto 2014	103
11	DS N° 38/2015	4 diciembre 2015	100
12	DS N° 16/2016	30 septiembre 2016	89
13	DS N° 6/2017	2 junio 2017	121
14	DS N° 79/2018	19 diciembre 2018	55
15	En espera de pronunciamiento del Consejo de Ministros para la Sustentabilidad		93

FUENTE: elaboración propia a partir de información obtenida desde el sitio web de clasificación de especies del MMA. <http://www.mma.gob.cl/clasificacionespecies/informacion-procesos-2014.htm>

4.2.1 Estado de conservación a nivel de especies

Del total de 35.116 especies conocidas en Chile, 1.159 (3,3%) han sido clasificadas y validadas por el RCE, correspondiente a 592 especies de plantas, 523 especies de animales y 44 especies de hongos. Las especies oficialmente amenazadas en el país ascienden a 766, es decir que el 65% de las especies clasificadas se encuentran En Peligro Crítico, En Peligro o Vulnerables (Cuadro 4.2). Entre las plantas clasificadas, el 72% ha sido categorizada como amenazada, mientras que un 60 y un 20% de las especies de animales y hongos, respectivamente, están dentro de esta categoría. La categoría de conservación más amenazada es la de los moluscos (100%), seguida por los árboles (93%), los peces de aguas continentales (83%), los arbustos (78%) y los anfibios (71%). Sin embargo, estos porcentajes hay que considerarlos con cautela debido a que intencionadamente se han clasificado aquellas especies que se sospecha están en mayor riesgo de extinción.

Cuadro 4.10 Total de especies clasificadas según estado de conservación, por categoría de conservación*

Categoría de Conservación	N° especies evaluadas	Extintas (EX)	Extintas en estado silvestre (EW)	En peligro crítico (CR)	En peligro (EN)	Vulnerable (VU)	Total especies amenazadas y su % (CR, EN, VU)	Casi amenazadas (NT)	Preocupación menor (LC)	Datos deficientes (DD)
Plantas										
Árboles	41	0	0	4	18	16	38 (93%)	2	1	0
Arbustos	162	6	1	21	69	37	134 (78%)	13	15	0
Herbáceas	282	8	0	45	77	69	199 (68%)	33	40	10
Suculentas	107	1	0	4	35	31	71 (65%)	20	16	0
Animales										
Moluscos	48	0	0	18	29	1	48 (100%)	0	0	0

Crustáceos	25	0	0	2	7	5	14 (56%)	1	10	0
Insectos y Arácnidos	81	0	0	12	26	16	54 (67%)	7	17	3
Corales y medusas	5	0	0	1	1	1	3 (60%)	1	0	1
Peces	46	0	0	1	23	14	38 (83%)	2	5	1
Anfibios	62	0	0	10	23	11	44 (71%)	7	7	4
Reptiles	84	0	0	9	17	23	49 (58%)	11	17	7
Aves	63	0	0	2	20	11	33 (52%)	9	19	2
Mamíferos	109 1	0	0	3	11	17	32 (28%)	11	41	25
Hongos										
Ascomycota	23	0	0	1	1	0	2 (9%)	1	17	3
Basidiomycota	21	0	0	0	3	4	7 (33%)	5	9	0
Subtotal plantas	592	15	1	74	199	153	442 (72%)	68	72	10
Subtotal animales	523	1	0	58	157	99	315 (60%)	49	116	43
Subtotal hongos	44	0	0	1	4	4	9 (20%)	6	26	3
TOTAL	1.159	16	1	133	360	256	766 (65%)	123	214	56

FUENTE: Elaboración propia a partir de información extraída desde la lista de especies de Chile según Estado de Conservación del MMA (actualizado a diciembre de 2018). <http://www.mma.gob.cl/clasificacionespecies>

* Sólo se consideran especies clasificadas por Reglamento de Clasificación de Especies (RCE). Para explicaciones de cada categoría ver Anexo 4.3.

Solamente para grupos taxonómicos donde todas, o la mayoría de las especies han sido evaluadas, es posible asegurar que el resultado es un buen indicador del estado de conservación general del grupo. Tal es el caso de anfibios, reptiles, mamíferos y pteridofitas, para los cuales un 97, 76, 74 y 81% de las especies descritas para el país han sido clasificadas. Las especies de Gimnospermas y Magnoliophyta han sido medianamente representadas en el RCE (33 y 10%), mientras que el resto de los grupos han sido pobremente representados (Cuadro 4.3). En el caso particular de los peces, aunque solo 46 de las 1373 especies descritas para Chile han sido clasificadas, casi la totalidad de ellas corresponde a peces de aguas continentales, lo que significa un buen grado de representación para este último grupo. Sin embargo, para aquellos grupos que han sido poco evaluados, como los moluscos, crustáceos u otros invertebrados, no se puede asumir que los altos niveles de amenaza encontrados puedan ser generalizados. De todas maneras, estos resultados son relevantes y dan cuenta de la necesidad de avanzar en la clasificación de las especies ya descritas para las cuales no tenemos información sobre sus estados de conservación.

Cuadro 4.11 Especies descritas versus especies clasificadas al año 2019*

Grupo biológico	Total descritas	Total clasificadas	%
Plantas no vasculares	1.421	1	0,1
Pteridofitas	160	130	81,0
Gimnospermas	15	5	33,0
Magnoliophyta	4.480	456	10,0
Hongos	3.300	44	1,3
Arthropodos Hexapodos	12.443	76	0,6
Arthropodos Chelicerata	1.405	5	0,4
Arthropodos Crustacea	2.551	25	1,0
Moluscos	1.194	48	4,0
Otros invertebrados	2.138	5	0,2
Peces	1.373	46	3,4
Anfibios	64	62	97,0
Reptiles	135	102	76,0

Aves	480	86	18,0
Mamíferos	162	119	74,0
Total	35.116	1.210	3,4

FUENTE: elaboración propia a partir de datos de Cuadro 4.2 y de información extraída desde la lista de especies de Chile según Estado de Conservación del MMA (actualizado a diciembre de 2018). <http://www.mma.gob.cl/clasificacionespecies>

*Se consideraron tanto las clasificaciones hechas por la RCE como por la Ley de Caza.

4.2.1.1 Estado de conservación a nivel de ecosistemas

Para determinar la pérdida o degradación de ecosistemas terrestres y establecer categorías de riesgo a través de una evaluación de umbrales cualitativos y cuantitativos, una primera prueba a escala nacional de la aplicación de la metodología desarrollada por la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) fue realizada por el MMA en 2015, para evaluar su aplicabilidad en los ecosistemas terrestres de Chile¹.

Esta metodología, utilizada para evaluar el estado de conservación de los ecosistemas a nivel local, nacional, regional y global, se aplicó utilizando los pisos de vegetación² como unidad de análisis, aplicando los criterios de la IUCN a aquellos pisos para los que se contaba con información a escala nacional. Los criterios de la Lista Roja de Ecosistemas se enfocan en cuatro síntomas ecológicos que permiten estimar el riesgo de que un ecosistema tipo, pierda las características que lo definen³: (A) disminuciones en curso de la distribución, (B) distribución restringida, la cual predispone al sistema a encontrarse bajo amenazas espacialmente explícitas, junto a una disminución, amenaza o fragmentación manifiesta, (C) degradación del ambiente abiótico, reduciendo la calidad del hábitat o la diversidad del nicho abiótico para la biota constituyente, como por ejemplo, la acidificación de los océanos o la pérdida de fertilidad del suelo, (D) interrupción de procesos e interacciones bióticas, las que pueden resultar en la pérdida de mutualismos, diversidad del nicho biótico, o la exclusión de biota constituyente.

Las categorías utilizadas para la clasificación corresponden básicamente a las mismas de la Lista Roja de Especies Amenazadas de la UICN, ello fundamentado en mantener un carácter genérico de evaluación. Comprende, por un lado, las siguientes categorías cuantitativas de riesgo: (i) En Peligro Crítico (CR); ii) En Peligro (EN) y iii) Vulnerable (VU), y por otro lado, categorías cualitativas personalizadas para los ecosistemas: iv) ecosistemas que apenas no cumplen con los criterios cuantitativos para las tres categorías de amenaza, reciben la categoría de Casi Amenazado (NT); v) ecosistemas que, sin lugar a duda, no cumplen con ninguno de los criterios cuantitativos, los cuales reciben la categoría Preocupación Menor (LC); vi) ecosistemas para los cuales no se cuenta con datos suficientes para aplicar cualquier criterio, los que tendrán la categoría Datos Insuficientes (DD); y vii) ecosistemas que no han sido evaluados, por lo que reciben la categoría No Evaluado (NE). Por último, aparece la categoría de ecosistema Colapsado (CO), equivalente a la categoría de especie extinta (EX).

A partir de este análisis, se obtuvo que a nivel nacional, ocho pisos vegetacionales se encuentran En Peligro Crítico (CR), seis En Peligro (EN), 49 Vulnerables (VU), cinco casi Amenazados (NT) y 59 en Preocupación Menor (LC). Esto significa, que, de un total de 127 pisos de vegetación, 63 de ellos se encuentran amenazados (clasificados como En Peligro Crítico, En Peligro o Vulnerables), los que equivalen al 49,6% del total de los ecosistemas existentes en el país.

Del informe se observa que las categorías de amenaza (CR, EN o VU), se concentran principalmente en la zona central de Chile, con las categorías de mayor grado de amenaza (CR) entre las regiones O'Higgins y Biobío, seguida por la categoría EN entre las regiones O'Higgins y Los Ríos y una gran parte de las regiones del país con ecosistemas vulnerables, esto entre Arica y Parícuta y la región de Aysén (Figura 4.1). Esta mayor amenaza que afecta a los ecosistemas de la zona central de Chile, se manifiesta a través de la pérdida, degradación y fragmentación de estos ecosistemas, y se explica por impactos tanto antrópicos como naturales experimentados por estos ecosistemas, siendo el cambio de uso de los suelos el principal factor antrópico que ha ocasionado cambios en los ecosistemas terrestres naturales de nuestro país (Para más detalle ver sección 4.2.1).

Los resultados de este ejercicio concuerdan con los análisis regionales y locales que se han efectuado a la fecha. La zona geográfica donde se concentran los ecosistemas terrestres que han sufrido una mayor pérdida de superficie natural en términos históricos como recientes⁴, coincide con el área que ha presentado la mayor dinámica de la cobertura natural y antrópica, siendo esta la zona de Chile central ubicada entre la Región de Valparaíso y la Región de Los Lagos⁵. Así también, dentro de esta área, los ecosistemas más amenazados, son los que se relacionan con la dinámica asociada al sector forestal, en los que se ha transformado fuertemente el paisaje del sector costero entre la Región de O'Higgins y la Región de la Araucanía⁶. En relación con los criterios de funcionalidad, el único criterio evaluado en el estudio se abordó desde la perspectiva de los efectos del cambio climático sobre la biota nativa. Respecto a este análisis, los resultados obtenidos presentan concordancia con las evaluaciones globales y nacionales para Chile, identificando a la zona central del país como el área más afectada por la disminución de las precipitaciones a mediano plazo⁷.

1 Plischoff P (2015). Aplicación de los criterios de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN) para la evaluación de riesgo de los ecosistemas terrestres de Chile. Informe Técnico para el Ministerio del Medio Ambiente. 63 p. Santiago, Chile.

2 Luebert F & Plischoff P (2006). Op cit.

3 Keith et al. (2013), citado en Plischoff, P (2015) Op cit.

4 Aguayo et al. (2009) y Armesto et al. (2010), citados en Plischoff (2015), Op cit.

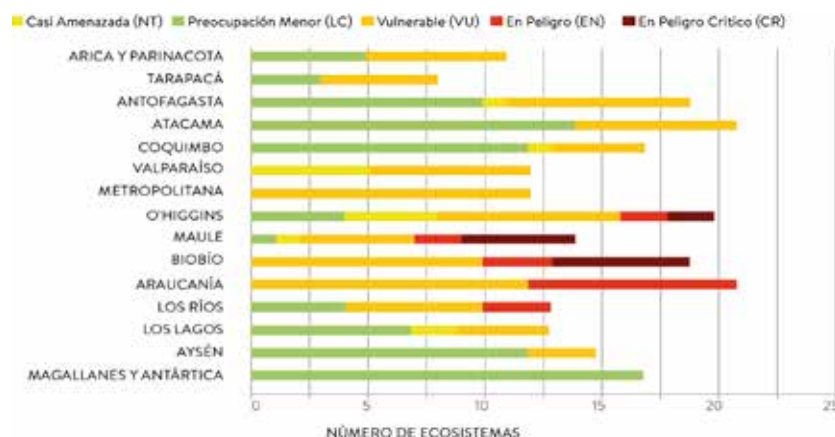
5 Schulz et al. (2010); Hernández et al. (2015), citados en Plischoff (2015), Op cit.

6 Echeverría et al. (2006); Echeverría et al. (2008); Altamirano y Lara (2010); Altamirano et al. (2013); Miranda et al. (2015), citados en Plischoff (2015), Op cit.

7 Vicuña et al. (2011); Quintana y Aceituno (2012), citados en Plischoff (2015), Op cit.

Otro estudio fue el realizado por Alaniz y col. (2016)⁸, donde se evaluó el nivel de amenaza a los ecosistemas esclerófilos de la región de Chile central, aplicando también los criterios metodológicos de la Lista Roja de Ecosistemas de UICN. Para ello, se seleccionaron aquellos estudios espacialmente explícitos que identificaran alteraciones en la estructura de la vegetación, lo que permitió cuantificar la reducción en la distribución de los ecosistemas. La aplicación de la metodología permitió evaluar un alto porcentaje de los ecosistemas (85%), que se clasificaron según los estudios con rangos de calidad temporal del 30 al 100% y calidad espacial del 12 al 100%. Si solo se consideran las evaluaciones con una calidad espacio-temporal superior a la media (> 50%), ocho de los 17 ecosistemas evaluados se clasifican en categorías de amenaza, lo que representa el 22.9% del área de estudio.

Figura 4.1 Estado de conservación de los ecosistemas terrestres de Chile por región



FUENTE: Figura extraída desde IEMA (2016)

En relación con la condición ambiental de los ecosistemas acuáticos continentales se considera que tanto los humedales altoandinos (vegas, lagunas, bofedales), como los humedales de turberas y los humedales costeros, constituyen ecosistemas frágiles. Los primeros, debido a que sus componentes hídricos y botánicos son únicos y críticos, mientras que los segundos, concentrados en la Patagonia chilena, debido a que sus servicios ecosistémicos a nivel local y global son irremplazables.

En el ambiente marino, por otro lado, no se cuenta con información suficiente de su biodiversidad, que permita dar cuenta de la pérdida y/o alteración de estos ecosistemas, así como de las especies que los componen. Una aproximación al estado de estos ecosistemas es la que proviene de estudios internacionales como el Índice de Salud General de los Océanos, el cual señala que la biodiversidad marina de Chile y su estado de conservación se encuentra en un nivel “bueno”. Contrariamente, no son bien evaluadas actividades como la pesquería, acuicultura y extracción de recursos oceánicos no alimenticios, los cuales estarían afectando la capacidad de recuperación de los océanos y de provisión de recursos. Esto se debería a la mala calidad de las aguas, enriquecimiento de nutrientes en cuerpos de agua cerrados como bahías, canales y fiordos, destrucción del hábitat, captura incidental, liberación accidental de especies no autóctonas, y la sobreexplotación de especies hidrobiológicas de interés comercial⁹. Por otra parte, de acuerdo con la clasificación de ecorregiones marinas para América Latina y el Caribe, previamente descrita, de las seis ecorregiones identificadas para nuestro país¹⁰, sólo la de Humboldt fue catalogada como de alta prioridad para la conservación¹¹.

4.2.2 Servicios ecosistémicos

Los servicios ecosistémicos (SE), o servicios que prestan los ecosistemas, son los beneficios que las personas obtienen de los ecosistemas: La Evaluación de Ecosistemas del Milenio (MEA, por sus siglas en inglés) los describe en términos de: 1) servicios de suministro, como los alimentos, las fibras y el agua; 2) servicios de regulación, como la regulación de las inundaciones, sequías, pérdida del suelo y propagación de enfermedades; 3) servicios de base, como la formación del suelo y los ciclos del agua, los gases y los nutrientes; y 4) servicios culturales, como los beneficios recreacionales, espirituales, religiosos y otros intangibles (Cuadro 4.4). El MEA fue un programa de trabajo internacional de cuatro años de duración, diseñado para satisfacer las necesidades que tienen los encargados de la

8 Alaniz et al. (2016). Chile: Assessment of quality of input data used to classify ecosystems according to the IUCN Red List methodology: The case of the central Chile hotspot. Biological conservation. Part B, 204: 378-385.

9 Halpern et al. (2012). An index to assess the health and benefits of the global ocean. Nature, 488: 615-620

10 Humboldt, Chile Central, Araucana, Chiloense, Canales y Fiordos del sur de Chile (Spalding et al., 2007).

11 Sullivan & Bustamante (1999). Op. cit.

toma de decisiones de contar con información científica sobre los vínculos entre el cambio de los ecosistemas y el bienestar humano. Fue lanzado por el Secretario General de las Naciones Unidas, Kofi Annan, en junio de 2001, y sus principales informes de evaluación se publicaron en 2005¹².

Cuadro 4.12 Servicios ecosistémicos		
Servicios de Suministro	Servicios de Regulación	Servicios Culturales
Productos necesarios para la Humanidad obtenidos de los ecosistemas	Beneficios materiales obtenidos de los procesos de regulación de los ecosistemas	Beneficios no materiales obtenidos de los ecosistemas
Alimento Agua potable Aire respirable Combustible Fibras vegetales Fármacos Recursos genéticos	Regulación del clima Control de enfermedades Purificación del agua Purificación del aire Control de la erosión Polinización Dispersión de frutos	Espirituales y religiosos Recreación y turismo Estético Inspiracional Educativo Sentido de identidad Patrimonio cultural
Servicios de base o soporte*		
Formación de suelo	Ciclado de Agua, Gases y Nutrientes	Producción Primaria

FUENTE: Elaboración propia en base a la Evaluación de Ecosistemas del Milenio (2005).

*En la clasificación más actual se ha convenido en excluir los servicios de base o soporte por considerárseles más bien funciones del ecosistema, fundamentales para la generación de servicios.

A más de 10 años del MEA, el concepto de servicios ecosistémicos (SE) se encuentra ampliamente reconocido, tanto en el ámbito científico como en el ámbito político¹³. En el año 2012, 118 países firmaron como miembros de la Plataforma Intergubernamental sobre Biodiversidad y Servicios Ecosistémicos (IPBES por su sigla en inglés), entre ellos Chile, con la misión de evaluar el estado de la biodiversidad y sus ecosistemas y los SE que estos proveen a la sociedad. El estudio “Recopilación y sistematización de información relativa a estudios de evaluación, mapeo y valorización de servicios ecosistémicos en Chile”¹⁴ da cuenta de los ámbitos de investigación desarrollados en el país en torno a los SE. De acuerdo con este documento, desde el año 2004 se observa un crecimiento exponencial en el número de documentos vinculados con SE, los que están contenidos en 105 documentos clasificados como artículos científicos, tesis y otros. La mayoría de los estudios se han desarrollado en ecosistemas terrestres, a escalas locales y en ecosistemas rurales, y se han enfocado en la valoración económica de los SE.

Dentro de estos estudios se destacan el realizado por Figueroa (2010), quien estableció una aproximación preliminar del valor de los SE que proveen las áreas protegidas en Chile, obteniendo un resultado estimado de 1.368 millones de dólares anuales. Es decir, por el sólo hecho de existir, las áreas protegidas del país aportan a todos los chilenos al menos el equivalente al 0,5% del PIB¹⁵. Este cálculo, sin embargo, no considera los encadenamientos económicos y de empleo hacia los sectores relacionados, por lo que la estimación está sin duda subestimada. Previamente otro estudio estimó que las áreas protegidas del SNASPE contribuyen en aproximadamente un 15% al servicio de sumidero de carbono, respecto al resto de los ecosistemas chilenos, y en un 12% aproximadamente al servicio de refugio de biodiversidad¹⁶. Por su parte, los ecosistemas terrestres de la zona central y sur ofrecen la mayor cantidad de servicios ecosistémicos en sus distintos niveles¹⁷. Uno de ellos es el abastecimiento de agua generado por los bosques, puesto que éstos contribuyen a la infiltración, retención y almacenamiento del agua en esteros, lagos y acuíferos¹⁸. Al respecto, un estudio estimó el aporte del bosque nativo al servicio de producción de agua de la cuenca de Llancahué, Región de Los Lagos, obteniendo un valor entre 74.971 y 170.389 pesos por hectárea de bosque nativo¹⁹.

- 12 Ecosistemas y Bienestar Humano: Marco para la Evaluación (2003). Informe del Grupo de Trabajo sobre Marco Conceptual de la Evaluación de Ecosistemas del Milenio.
- 13 Balvanera et al. (2012); Polasky et al. (2015), citados en Ministerio del Medio Ambiente (2018b) Op. cit.
- 14 Bachmann et al. (2014). Recopilación y sistematización de información relativa a estudios de evaluación, mapeo y valorización de servicios ecosistémicos en Chile. Reporte para el Ministerio del Medio Ambiente.
- 15 Figueroa E (2010). Valorización Económica Detallada de las Áreas Protegidas. Proyecto GEF SNAP “Creación de un Sistema Nacional Integral de áreas protegidas”. Santiago, Chile.
- 16 Durán A et al. (2013). Representation of ecosystem services by terrestrial protected areas: Chile as a case study. PLoS ONE 8(12): e82643.
- 17 Durán, A et al. (2013). Op cit.
- 18 De Groot RS et al. (2002). A typology for the classification, description and valuation of ecosystem functions, goods and services. Ecological Economics 41:393–408.
- 19 Nuñez D (2004). Valoración económica del servicio ecosistémico de producción de agua, del bosque de la cuenca de Llancahue, Décima región. Tesis para optar al título de Magister en Desarrollo Rural. Universidad Austral de Chile. Valdivia, Chile. 152p.

Otro estudio, titulado “Recopilación de información de indicadores de servicios ecosistémicos a nivel nacional e internacional”²⁰, prioriza diez SE relevantes para Chile y propone criterios de calidad de indicadores para estos. Los SE analizados fueron: Almacenamiento de agua para agua potable; Purificación del agua; Regulación del clima global; Regulación del clima local y regional; Pesca comercial; Purificación y oxigenación del agua; Carácter natural; Carácter del paisaje; Paisaje cultural y Regulación hídrica. Las conclusiones del estudio muestran que aún existe una dispersión conceptual en torno al término SE, lo que dificulta el diseño de indicadores, así como también existe una dispersión de información en distintas instancias administrativas, lo que limita generar una línea base para la evaluación y monitoreo de los SE seleccionados. Además, los autores del informe mencionan que los indicadores disponibles para la mayoría de los SE no son exhaustivos y son a menudo insuficientes para caracterizar la diversidad y complejidad de los beneficios que proporcionan, mientras que, por otra parte, los datos son a menudo insuficientes para apoyar el uso de estos indicadores.

En cuanto al uso de los SE, todos somos beneficiarios. El propio desarrollo económico de nuestro país se basa en gran medida en la extracción y exportación de recursos naturales y biodiversidad y en el aprovechamiento de los servicios ecosistémicos que ellos brindan. A modo de ejemplo, en Chile el sector minero y silvoagropecuario son usuarios intensivos del servicio de provisión de agua, consumiendo el 9 y el 73% del recurso en el país, respectivamente²¹. El sector silvoagropecuario, además, hace uso de la productividad de los ecosistemas y de la capacidad de almacenaje de agua de los suelos; el sector pesquero, se sustenta en la extracción de biodiversidad marina; mientras que el sector turismo usa el valor de la naturaleza como espacio paisajístico y recreativo. Pese a su relevancia, y a la alta dependencia que el país tiene de los SE, no se han tomado los suficientes resguardos para que su explotación no reduzca la biodiversidad y amenace la mantención de estos servicios. Hasta hoy, los sectores productivos, aún cuando se benefician de los SE, no integran suficientemente acciones de conservación de estos en sus esquemas de inversión y de planificación. Algunos esfuerzos están siendo realizados en este ámbito, principalmente en el sector agropecuario, a través de la implementación de proyectos de “agroecología” o “intensificación ecológica”, los cuales tienen por objetivo mejorar la producción agrícola a través de la biodiversidad, restaurando los balances ecológicos de estos sistemas y disminuyendo así la dependencia de insumos externos o complementarios. Algunos ejemplos de estas iniciativas son el “Programa Vino, Cambio Climático y Biodiversidad”, una iniciativa científica del Instituto de Ecología y Biodiversidad (IEB) y la Universidad Austral de Chile, cuyo objetivo es mostrar la compatibilidad entre la conservación de la biodiversidad y el desarrollo de la industria vitivinícola chilena; y el proyecto “Desarrollo de Indicadores de Biodiversidad para Aumentar la Competitividad de la Fruticultura de Exportación de la Región de O’Higgins a la Unión Europea”, ejecutado en conjunto entre la Pontificia Universidad Católica de Chile, la exportadora Subsole S.A. y Primafruit Ltda²².

4.3 CAUSAS DEL ESTADO DE LA DIVERSIDAD BIOLÓGICA

El último reporte de la Plataforma Intergubernamental de Política Científica sobre Biodiversidad y Servicios de Ecosistema (IPBES, por sus siglas en inglés)²³, con 1.800 páginas, presenta el primer panorama completo del estado de la biodiversidad mundial desde 2005, con evidencia proporcionada por 400 expertos de 50 países. El reporte entrega una imagen alarmante de las extinciones de especies, la disminución de la vida silvestre, la pérdida de hábitat y el agotamiento de los servicios de los ecosistemas a nivel global. Entre sus resultados, resalta que tres cuartas partes del medio ambiente terrestre y alrededor del 66% del medio ambiente marino se han alterado considerablemente. Más de un tercio de la superficie terrestre del mundo y casi el 75% de los recursos de agua dulce ahora se dedican a la producción agrícola o ganadera, y alrededor de un millón de especies de animales y vegetales están en peligro de extinción, más que nunca en la historia de la Humanidad.

El informe también ofrece un estudio exhaustivo de la interrelación entre el cambio climático y la pérdida de la Naturaleza. Entre los principales contribuyentes de las alteraciones en los ecosistemas se encuentran: 1) la pérdida y degradación de hábitats; 2) la sobreexplotación de recursos (principalmente la sobrepesca); 3) las especies invasoras; 4) la contaminación y 5) el cambio climático.

20 Nahuelhual L et al. (2015). Recopilación de información de indicadores de servicios ecosistémicos a nivel nacional e internacional. Reporte para el MMA.

21 Estrategia Nacional de Recursos Hídricos 2012-2025 (2013). Ministerio de Obras Públicas.

22 Muñoz AE, Arellano E & Bonacic C (2016). Manual de Conservación de Biodiversidad en Predios Agrícolas de Chile Central. Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal, Pontificia Universidad Católica de Chile, 124 pp.

23 IPBES (2019). Global assessment report on biodiversity and ecosystem services of the Intergovernmental Science- Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services. E. S. Brondizio, J. Settele, S. Díaz, and H. T. Ngo (Eds.). IPBES Secretariat, Bonn, Germany.

4.3.1 Pérdida y degradación de hábitat

En relación a la superficie terrestre del país, la pérdida, degradación y fragmentación de los ecosistemas continúan siendo las amenazas más importantes. Los motores de estos impactos son diversos y obedecen a causas tanto antrópicas como naturales. Entre las causas antrópicas, el cambio de uso de los suelos ocasionado por la industria forestal –a través de la tala de bosques y las plantaciones con especies exóticas²⁴; la industria agrícola –a través del despeje de bosques para el establecimiento de pastizales y cultivos–; y la urbanización, constituye una de las mayores amenazas²⁵, principalmente en la zona central y centro-sur de nuestro país. Otros factores importantes que inciden en la pérdida de hábitat son los incendios y la desertificación. Producto del desmonte de vegetación, el sobrepastoreo y otras actividades se han afectado negativamente vastas áreas del territorio nacional, con pérdida local de especies y suelos productivos, como lo ejemplifica la zona del Norte Chico (Gobierno de Chile, 1980).

Al analizar la distribución del uso de suelos en el territorio nacional (Cuadro 4.5), se observa que los mayores porcentajes de superficie están ocupados por áreas sin vegetación (31,7% desierto y áreas degradadas), tierras forestales (23,7%, incluyendo bosque nativo y plantaciones) y praderas y matorrales (27,5%). De estos últimos, una proporción importante corresponde a matorrales que han reemplazado al bosque nativo después que éste ha sido destruido (Miranda et al., 2016), pero que poseen potencial para su restauración, al igual que otras tierras degradadas que actualmente están sin vegetación arbórea y que poseen potencial para su forestación con especies nativas²⁶.

Cuadro 4.13 Usos del suelo en Chile		
Usos de la tierra	Superficie (ha)	%
Áreas urbanas e industriales	464.985	0,6
Terrenos agrícolas	3.192.588	4,2
Praderas y Matorrales	20.816.600	27,5
Bosques	17.926.850	23,7
Humedales	3.580.116	4,7
Áreas sin vegetación	23.932.657	31,7
Nieves y Glaciares	4.077.827	5,4
Cuerpos de agua	1.349.835	1,8
Áreas No Reconocidas	273.808	0,4
Total	75.615.265	100,0
FUENTE: Elaboración propia a partir de base de datos del Sistema de Información territorial de CONAF (SIT CONAF, https://sit.conaf.cl). Consultada en Julio 2019.		

La pérdida y modificación de hábitat es una amenaza para organismos tan diferentes como hongos, helechos, mamíferos y aves²⁷. Por ejemplo, para 28 de las especies de mamíferos evaluadas con problemas de conservación en 1983, la destrucción de hábitat es una causa principal, secundaria o probable en 18 casos²⁸. De igual forma, rapaces especialistas de bosques y humedales se han visto afectadas negativamente por la destrucción de hábitats, en tanto otras que habitan hábitats más abiertos han sido favorecidas por la reducción de cobertura arbórea²⁹. En áreas como la isla de Rapa Nui, la transformación de hábitats y su fauna asociada ha sido tan severa que el valor heurístico de la biota de coleópteros para estudios de biogeografía y evolución ha sido drásticamente reducido³⁰. La expansión agrícola y urbana en Chile central ha provocado la fragmentación de los bosques maulinos, amenazando la sobrevivencia de numerosas especies restringidas a este ecosistema, y provocando, presuntamente, la extinción del hongo *Lepiota locaniensis*, el cual no ha vuelto a ser observado en los últimos 70 años³¹. La modificación del hábitat también afecta la diversidad de peces, como por ejemplo en el río Biobío, el cual soporta una pérdida progresiva de especies de peces nativos³². La contaminación, fragmentación y

24 Schulz et al. (2010). Monitoring land cover change of the dryland forest landscape of Central Chile (1975–2008). *Applied Geography* 30(3), 436–447.

25 Citado en Ministerio del Medio Ambiente (2014b). Op. cit

26 Estrategia Nacional de Cambio Climático y Recursos Vegetales (2016). CONAF y Ministerio de Agricultura.

27 Simonetti et al. (1995). Op. cit.

28 Miller et al. (1983), citado en Informe País, Estado del Medio Ambiente en Chile (2005).

29 Jaksic & Jiménez (1986), citado en Informe País, Estado del Medio Ambiente en Chile (2005).

30 Desender & Baert (1996), citado en Informe País, Estado del Medio Ambiente en Chile (2005).

31 Simonetti & Lazo (1994), citado en Informe País, Estado del Medio Ambiente en Chile (2005).

32 Habit et al. (2006). Estado de conocimiento de los peces dulceacuícolas de Chile. *Gayana* 70: 100–113

eutroficación de los humedales palustres urbanos (por presiones antrópicas de urbanización) del centro-sur de Chile, tiene incidencia significativa en la disminución de la diversidad de insectos, lo que a su vez, causa alteraciones en las características y atributos del ecosistema³³. Un caso extremo de las consecuencias de la pérdida de hábitat es lo que está experimentando la rana del Loa (*Telmatobius dankoi*), un anfibio micro-endémico solo conocido en una localidad específica de Calama. En junio de 2019, se constató que el arroyo donde habitaba la única población conocida de esta especie se encontraba completamente seco, producto de los continuos desvíos de los canales de riego para uso agrícola. La población remanente, de sólo 62 individuos, fue relocalizada a la espera de su recuperación. Situaciones como esta se espera que aumenten su frecuencia en el futuro, modificando la composición y distribución de plantas y pequeños mamíferos³⁴.

Una de las principales presiones de la zona central y centro-sur sobre el bosque nativo, ha sido desarrollo de la actividad forestal, que trajo consigo la sustitución de la vegetación nativa por plantaciones de especies exóticas de crecimiento rápido³⁵, una actividad que ha ido aumentando de forma sostenida en las zonas centro y sur del país. Este tipo de actividad forestal compromete el estado de los ecosistemas no solamente por el cambio de uso de suelo y la fragmentación del hábitat, sino que también afectan la disponibilidad de agua y la calidad del suelo³⁶. Esta actividad se desarrolla justamente en el “hotspot” chileno de biodiversidad, que incluye los bosques lluviosos Norpatagónico y Valdiviano, bosques deciduos de *Nothofagus* y bosque esclerófilo y matorrales, típico de las regiones mediterráneas³⁷. Sólo en la precordillera andina de la Región del Maule se perdió 44% del bosque nativo, a una tasa anual de deforestación de un 4,1%, entre 1989 y 2003³⁸. Asimismo, en los últimos 20 años se ha triplicado el área de plantaciones de cultivo de paltos (*Persea americana*) y se ha duplicado el área de viñedos, dejando a los ecosistemas mediterráneos confinados a cerros isla sin conexión entre ellos³⁹. A pesar de las exigencias de certificación exigidas por parte de los compradores internacionales a las grandes empresas forestales, y la aplicación desde 2009 de la Ley sobre Recuperación del Bosque nativo y Fomento Forestal, la tasa anual de deforestación se ha mantenido. Para más detalle ver Segunda parte, Capítulo 3: Bosques nativos.

La expansión de las ciudades, por su parte, altera también los hábitats de la biodiversidad. Este crecimiento se genera en función de las áreas rurales aledañas. Por otra parte, el aumento de la población hace que las áreas periurbanas intensifiquen el uso de sus suelos y sientan la presión del mayor tránsito de ellas repercutiendo en la conservación de la biodiversidad. Un ejemplo claro de esta situación es el impacto sobre los humedales urbanos, los cuales son frecuentemente “rellenados” para construcción de viviendas y desarrollo de infraestructura de caminos y puentes. Este fenómeno ha sido particularmente importante en grandes ciudades como Concepción, en la cual el incremento de la superficie urbana ha sido identificado como la amenaza más importante sobre los humedales de la intercomuna Concepción-Talcahuano-San Pedro, contando asimismo con estudios que indican que, en Concepción metropolitano, entre los años 1975 y 2000, se produjo la pérdida del 23% de los humedales.

Otro proceso poco estudiado, que se ha intensificado en la última década debido al incremento del ingreso per cápita y el crecimiento de la población, es la ocupación del borde costero con urbanizaciones que en general no consideran el impacto en la conservación de la biodiversidad. Los sitios más afectados han sido el borde marítimo de las regiones V y VI, además de los numerosos humedales costeros de la zona central y centro-sur, así como los bordes de los lagos especialmente del sur.

Así como se expanden las ciudades también ha sucedido algo similar con la agricultura. La expansión agrícola antes del decenio de los ochenta se hacía hacia territorios de poca pendiente, pero en los últimos decenios se ha proyectado hacia los cerros, mediante la elevación de las cotas de riego. La ausencia de pasadizos ad hoc para evitar la discontinuidad de su vegetación ha repercutido de forma importante en la pérdida del bosque esclerófilo de la región central, perjudicando también la conservación de la fauna asociada.

Otra de las causas de la degradación y pérdida de hábitat en Chile son los incendios forestales, cuyo aumento en la última década contribuyó al alto grado de fragmentación del bosque nativo y consecuentemente al deterioro y pérdida de otros ecosistemas y hábitats. Los incendios pueden alterar severamente la estabilidad de los ecosistemas, modificando la estructura y composición de especies, factores que sumados se traducen en una pérdida de funcionalidad del ecosistema, que es de difícil recuperación⁴⁰, principalmente por los altos costos que supone su control y restauración. De acuerdo con González et al. (2011)⁴¹ durante las tres últimas décadas, la zona centro-sur muestra un aumento consistente y significativo en el número de incendios forestales con un 99% de origen antrópico.

33 Villagrán-Mella et al. (2006), citado en Informe País, Estado del Medio Ambiente en Chile (2005)

34 Gutiérrez et al. (2010); Kelt & Meserve (2014), citados en Ministerio del Medio Ambiente (2016b). Informe del Estado del Medio Ambiente.

35 Salazar et al. (2015). Land use and land cover change impacts on the regional climate of non-Amazonian South America: A review. *global and planetary change* 128: 103–119.

36 Huber & Trecaman (2004). Eficiencia del uso del agua en plantaciones de *Pinus radiata* en Chile. *Bosque* 25(3): 33–43.

37 Arroyo et al. (2006), en CONAMA (2006). Op. cit.

38 Altamirano & Lara (2010), citado en Ministerio del Medio Ambiente (2016b). Op. cit.

39 Armesto et al. (2010), citado en Ministerio del Medio Ambiente (2016b). Op. cit.

40 Fernández et al. (2010). Restauración ecológica para ecosistemas nativos afectados por incendios forestales, Santiago, Chile: PUC-Gobierno de Chile.

41 González et al. (2011). Cambio climático y su impacto potencial en la ocurrencia de incendios forestales en la zona centro-sur de Chile (33° - 42° S). *Bosque (Valdivia)*, 32(3), 215–219.

Hasta 2016, el promedio anual de hectáreas consumidas por el fuego era de 48.390, con un promedio de 4.329 incendios. Sólo en quinquenio 2012-2016, se registraron en promedio 6.465 incendios, los que afectaron en promedio a más de 76.000 hectáreas anuales, el 60% de ellas correspondieron a formaciones nativas. En 2017, sin embargo, estas cifras se incrementaron drásticamente debido a la ocurrencia de la denominada “Tormenta de fuego”. Múltiples incendios tuvieron lugar en las regiones de O’Higgins, Maule y Biobío y se extendieron desde el 18 de enero al 5 de febrero de 2017. Sólo en este periodo se registraron 681 incendios, afectando un total de 518.174 ha del territorio nacional, dentro de la cual un 40% correspondería a ecosistemas remanentes clasificados en estado de conservación⁴². Para más detalle sobre incendios forestales ver Segunda parte, Capítulo 3: Bosques Nativos,

4.3.2 Sobreexplotación y uso insostenible de recursos

La sobreexplotación es otra amenaza a la sobrevivencia de la diversidad biológica, siendo la sobreexplotación pesquera uno de los factores más importantes que amenaza la pérdida de los ecosistemas marinos y su biodiversidad. Aunque se desconoce la tasa de pérdida, se presume un daño significativo a los fondos marinos como consecuencia de años de pesquerías de arrastre con artes de pesca destructivos. Las pesquerías en la actualidad se encuentran en una denominada “sequía marina”, con la menor cantidad de peces en su historia⁴³. La industria pesquera en su conjunto, es decir, considerando pesca extractiva y la industria asociada al procesamiento de los productos del mar, ha sido uno de los sectores más dinámicos del sector exportador de Chile durante los últimos 20 años. En ese contexto, las pesquerías demersales enfrentan problemas de explotación importante, pero de menor intensidad respecto de las pesquerías pelágicas. El último informe de la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura⁴⁴ identifica el estado de situación de 27 unidades de pesquerías, señalando que 8 de ellas están agotadas o colapsadas, 11 están sobreexplotadas y 8 se encuentran en plena explotación. Entre las pesquerías analizadas, tanto el Jurel como la Sardina Austral cambiaron su estatus de plena explotación en 2017 a sobreexplotación en 2018. Las principales amenazas a la biodiversidad marina producto de la sobreexplotación son el deterioro de sus poblaciones explotadas, la reducción del tamaño promedio del recurso y reducción de sus poblaciones, el deterioro de los ecosistemas marinos bentónicos y pelágicos, tanto costeros como oceánicos, los cambios en la estructura trófica comunitaria y, la pérdida de biodiversidad, entre otros⁴⁵. Para más detalle ver Segunda parte, Capítulo 6: Ecosistemas marinos y del Borde Costero

En el ámbito terrestre, el reemplazo de los ecosistemas por agrosistemas altamente artificializados, se hace sobre la base de la eliminación de la cubierta vegetal e interviniendo el suelo en sus primeros horizontes, eliminando así gran parte de la biodiversidad original. Las áreas de secano del país, además de una agricultura temporal, están, en su mayoría, sometidas al estrés de una ganadería extensiva. Esto es palpable en el Norte Chico, en todo el secano costero e interior, en parte de la precordillera de Los Andes y en las estepas de la Patagonia. El sobrepastoreo generalizado en estas áreas, rompe las cadenas tróficas, agota los suelos, y elimina especies, tanto vegetales como animales. Las explotaciones ovinas, que predominan en la Patagonia, por el poder selectivo de los ovinos, han hecho desaparecer numerosas especies vegetales.

La extracción maderera constituye también una importante amenaza para la conservación de la biodiversidad, específicamente para la conservación del bosque nativo. De acuerdo con la Corporación de Desarrollo Tecnológico, CDT (2015), el 33,2% de las viviendas del país (1.721.032), utilizan leña, siendo especialmente relevante en las regiones de la Araucanía, Los Ríos, Los Lagos y Aysén, donde más del 90% de las viviendas la utilizan. El consumo total a nivel nacional llega a las 11.770.675 de m³ estéreos/año, de los cuales un 58% corresponde a leña nativa, siendo el Roble o Hualle la especie más consumida⁴⁶.

4.3.3 Especies exóticas invasoras

Las invasiones biológicas se definen como aquellos eventos en que una especie expande su rango geográfico de distribución debido a la acción del ser humano, mostrando un crecimiento poblacional acelerado, ocupando regiones en que previamente no se encontraba⁴⁷. Según la Convención de la Diversidad Biológica (1992) las especies exóticas invasoras (EEI) corresponden a “plantas, animales, patógenos u otros organismos que son exóticos a un ecosistema, y que pueden causar perjuicios económicos o daños ambientales y afectar la salud humana. Particularmente aquellos organismos que afectan en forma negativa la biodiversidad, provocando la declinación y/o extinción de especies nativas, a través de competencia, depredación, o transmisión de enfermedades, y por la disrupción local de ecosistemas y sus funcionamientos.” Hoy se tiene claridad que las EEI son una amenaza creciente para la conservación de la

42 CONAF (2017). El gran incendio de Chile de 2017, descripción e impactos. <http://www.conaf.cl/>

43 SONAPESCA (2013), en Ministerio del Medio Ambiente (2014b). Op. cit.

44 SUBPESCA (2018). Estado de situación de las principales pesquerías chilenas, año 2018.

45 PNUD (2009). Towards Ecosystem-Based Management of the Humboldt Current Large Marine Ecosystem.

46 Ministerio de Energía (2015). Medición del consumo nacional de leña y otros combustibles sólidos derivados de la madera.

47 Mack et al. (2000). Biotic Invasions: Causes, epidemiology, global consequences and control. *Ecological Applications* 10, 689-710.

biodiversidad, generando impactos en múltiples escalas⁴⁸, ya que depredan a las especies nativas, compiten por recursos, transmiten enfermedades, alteran y fragmentan los ecosistemas y degradan los servicios ecosistémicos con efectos sociales y económicos importantes.

La introducción de especies en el país tiene una larga historia que se inició con la llegada de los españoles en el siglo XVI. Algunas de estas especies han ingresado a territorio nacional desde hace muchos años, con lo cual ya cubren proporciones significativas del país. En cambio, hay algunas que a pesar de haber arribado a Chile solo recientemente, han tenido un aumento notable en los últimos años. En 2014, a través de un diagnóstico de la situación de las especies exóticas⁴⁹, se contabilizaron más de 2.000 especies asilvestradas o naturalizadas en el territorio nacional; de ellas 25 están calificadas dentro las 100 especies invasoras más dañinas del mundo⁵⁰. Entre estas últimas destacan la trucha arcoíris, la avispa chaqueta amarilla, la tortuga de orejas rojas, el espinillo, el conejo, el jabalí y el ciervo rojo, entre otras.

En el año 2017, en el marco del proyecto GEF/MMA/PNUD EEI AJF, se publica el primer catálogo de especies exóticas asilvestradas/naturalizadas en Chile⁵¹. Los resultados de este trabajo, en conjunto con otras actualizaciones de grupos puntuales (e.g. Plantas vasculares)⁵², dan cuenta de un total de 1.170 especies exóticas registradas para Chile (Cuadro 4.6). Dentro de los grupos más abundantes se encuentran las plantas vasculares, con un total de 818 especies, representando un 15% del total de este grupo presente en el territorio. Este porcentaje es alto si se compara con otros países de Latinoamérica como Ecuador, donde sólo se han contabilizado 595 especies de plantas introducidas de una flora total de 16.000⁵³. El segundo grupo más abundante corresponde al de los invertebrados (164 especies), siendo la mayoría de ellos insectos.

Los vertebrados por su parte suman un total de 67 especies exóticas. En términos comparativos el número de vertebrados exóticos invasores en Chile es bajo en proporción al total de especies nativas y solo representan el 3,9% de los casi 610 vertebrados terrestres presentes⁵⁴. No obstante, esta baja proporción de vertebrados exóticos versus nativos, se puede destacar la alta proporción de exóticos invasores en este taxón. Esto se debe a que los animales al desplazarse, y algunos contar con ámbitos de hogar extensos, pueden interactuar en forma autónoma con la biodiversidad nativa, con mayor facilidad que las plantas. A la fecha se tiene el registro de 13 aves exóticas de las cuales dos son consideradas invasivas; con respecto a los mamíferos se reconocen 23 especies exóticas, de las cuales 14 son consideradas invasivas. Una importante proporción de estos mamíferos exóticos son animales domésticos, los cuales pueden adaptarse a la vida silvestre una vez liberados de la acción humana e interactuar con nuestra biodiversidad⁵⁵. Para los peces dulceacuícolas se han descrito 28 especie exóticas, de las cuales cuatro son reconocidas como invasivas. Si bien poco se conoce sobre el impacto de los peces exóticos en la fauna íctica nativa, este podría ser dramático dado que solo existen 42 especies dulceacuícolas en todo Chile, de las cuales 35 son endémicas. Esto es equivalente a introducir un depredador tope en una isla, y para el caso de los sistemas dulceacuícolas en Chile las especies nativas principalmente afectadas serían galáxidos⁵⁶. Finalmente se ha documentado la presencia de un anfibio, el cual se encuentra asilvestrado y dos reptiles con altos potenciales invasivos.

48 Jaksic & Castro (2014). Invasiones biológicas en Chile: causas globales e impactos locales. Santiago, Chile: Pontificia Universidad Católica Ediciones.

49 Proyecto GEF/MMA/PNUD: Fortalecimiento de los Marcos Nacionales para la Gobernabilidad de las Especies Exóticas Invasoras. Proyecto Piloto en el Archipiélago de Juan Fernández (2013-2017).

50 Lowe et al. (2004). 100 de las Especies Exóticas Invasoras más dañinas del mundo. Una selección del Global Invasive Species Database. Grupo Especialista de Especies Invasoras (GEEI), Comisión de Supervivencia de Especies (CSE) de la Unión Mundial para la Naturaleza (UICN).

51 PNUD (2017a). Catálogo de las especies exóticas asilvestradas/naturalizadas en Chile. LIB, UDEC, Proyecto GEF/MMA/PNUD Fortalecimiento de los Marcos Nacionales para la Gobernabilidad de las Especies Exóticas Invasoras: Proyecto Piloto en el Archipiélago de Juan Fernández. Santiago de Chile. 61 pp.

52 Rodríguez et al. (2018). Op. cit.

53 Jürgensen y León-Yáñez (1999). Catalogue of the vascular plants of Ecuador. Monographs in Systematic Botany of the Missouri Botanical Garden 75: 1-1182.

54 Jaksic (1998) Vertebrate invaders and their ecological impacts in Chile. Biodiversity and Conservation, 7:1427-1445.

55 Malo et al. (2015). Low habitat overlap at landscape scale between wild camelids and feral donkeys in the Chilean desert. Acta Oecologica 70: 1-9.

56 Habit et al. (2015). Efectos de la invasión de salmónidos en ríos y lagos de Chile. Ecosistemas 24(1): 43-51.

Cuadro 4.14 Especies exóticas asilvestradas descritas en Chile

Grupo Biológico	Nº de especies
Microalgas	4
Diatomeas	1
Dinoflagelados y Silicoflagelados	3
Macroalgas	17
Phaeophyta (pardas)	2
Chlorophyta (verdes)	3
Rhodophyta (rojas)	12
Plantas no vasculares (hepáticas, musgos, antóceros)	29
Bryophyta (musgos)	16
Marchantiophyta (hepáticas)	12
Antohocerotophyta (antóceros)	1
Plantas vasculares	818
Pteridofitas (helechos y lycopodios)	5
Gimnospermas (pinófitas y gnetófitas)	5
Liliopsida (Monocotiledóneas)	216
Magnoliopsida (Dicotiledóneas)	592
Hongos y Líquenes	71
Invertebrados	164
Annelidos	8
Arthropodos Hexapodos	109
Arthropodos Chelicerata	1
Arthropodos Crustacea	4
Moluscos	42
Vertebrados	67
Peces (aguas continentales)	28
Anfibios	1
Reptiles	2
Aves	13
Mamíferos (terrestres y marinos)	23
Total	1.170

FUENTE: Elaboración propia a partir de información obtenida desde PNUD (2017); Rodríguez et al. (2018) y base de datos del Inventario Nacional de especies de Chile del MMA, consultado en julio 2019.

Ejemplos emblemáticos de los impactos que están dejando vertebrados invasores en nuestro país son los casos del castor americano (*Castor canadensis*) y del visón (*Neovison vison*). El castor, presente en ecosistemas de aguas continentales de Tierra del Fuego en Chile y Argentina, es la especie exótica invasora de la que se tiene mayor conocimiento. En 1946, 20 castores fueron introducidos en la parte argentina de Tierra del Fuego, traídos desde Canadá y noreste de EE. UU., para crear una industria peletera local. Al no prosperar la industria, los castores fueron liberados en la ribera del Lago Fagnano, expandiendo su área de distribución en el continente, incluyendo territorio chileno. En la actualidad, existe una población estimada de entre 65.000 y 110.000 individuos en el archipiélago fueguino⁵⁷. Su velocidad de expansión terrestre varía según los ecosistemas colonizados, pudiendo llegar a superar los 6 km anuales. La invasión del castor ha modificado ríos y turberas de Tierra del Fuego, provocando una pérdida de bosque nativo estimada en 23.000 ha. Además, se estima que, en los últimos 20 años, Chile perdió al menos US\$ 69.606.555 por la presencia del castor en territorio nacional⁵⁸.

57 Sitio web Proyecto GEF Castor: <https://gefcastor.mma.gob.cl>

58 PNUD (2017b). "Valoración económica del impacto de siete especies exóticas invasoras sobre los sectores productivos y la biodiversidad en Chile". Santiago de Chile, Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo.

El caso del visón (*Neovison vison*) es similar, y sus perjuicios son aún más devastadores. Esta especie de mustélido de origen norteamericano, fue importado por primera vez a Punta Arenas en los años 1930s, seguido por una segunda introducción a finales de los años 1960s a la región de Aysén, ambas introducciones con fines de explotación de pieles. Después de cierto tiempo, se produjeron escapes accidentales y/o liberaciones al medio silvestre, desde donde se desarrolló la expansión natural del visón hacia nuevas regiones en Chile⁵⁹. En la actualidad se encuentra presente en la región de La Araucanía desde la cuenca del río Cautín al sur, luego en las regiones de Los Ríos, Los Lagos y Aysén, incluyendo recientemente la colonización de la Isla de Chiloé, y Magallanes continental e insular⁶⁰. Entre los impactos que ejerce esta especie se han descrito efectos en la actividad agropecuaria local, impacto potencial negativo en el turismo, impacto en las tramas tróficas por diseminación del dydimo (ver más abajo), distribución de patógenos, impactos sobre vertebrados e invertebrados a través de la depredación y la competencia, entre otros¹²³.

Especies exóticas asilvestradas correspondientes a grupos como las algas, los hongos y plantas no vasculares, más difíciles de identificar, son aún poco conocidas. Dentro de los pocos casos estudiados se destacan los ejemplos de la macroalga *Codium fragile*⁶¹ y la microalga *Didymosphenia geminata*. Esta diatomea, más conocida como didymo, fue registrada por primera vez el 2010 en el sur de Chile y se desconoce cuándo fue introducida al país. El didymo se ha propagado masivamente, modificando los ecosistemas de ríos y lagos, provocando la disminución de las poblaciones de peces y otras especies, afectando también la industria turística y generando un alto costo de gestión para su control⁶².

En cuanto a la distribución regional de las especies exóticas, el mayor número se distribuye entre las regiones de Coquimbo y Los Lagos; mientras que en el extremo norte se registra el menor número de especies introducidas, con 117 y 126 especies en las regiones de Arica y Parinacota y Tarapacá, respectivamente (Figura 4.2). Por otra parte, algunas especies tienen una distribución territorio nacional, es decir que están presentes en las 15 regiones del país. Ejemplos de esto son las plantas introducidas *Erodium cicutarium*, *Medicago sativa* y *Chenopodium album*.

En Chile, la normativa e institucionalidad respecto de las EEI ha sido orientada principalmente al tratamiento de plagas desde la perspectiva sanitaria y de sus efectos negativos sobre sectores productivos. Por ende, las normas existentes, por regla general, tienen por objeto principal el resguardo de los sectores productivos, constituyendo el aspecto ligado a la protección de la biodiversidad un espacio residual y marginal. Además, un problema mayor para la gestión de las EEI en Chile es la actual dispersión normativa e institucional de las competencias sectoriales ambientales, lo que genera dificultades para gestionar y controlar las EEI por la falta de integración en la actuación del Estado⁶³. Por un lado, el Servicio Agrícola Ganadero (SAG) es el principal responsable de la gestión preventiva pre-frontera de las EEI en el ámbito terrestre, mientras que en el ámbito de las especies hidrobiológicas estas competencias recaen en la Subsecretaría de Pesca (SUBPESCA). En el control post-frontera, el principal organismo con potestades para ejercer control sobre las EEI es CONAF, pero sólo dentro de las áreas protegidas. El SAG, por su parte, también cumple una labor en este aspecto, a través de la detección precoz de plagas

en vegetales y enfermedades animales y desarrollo de mecanismos de respuesta temprana a la detección de estas. El MMA no tiene actualmente atribuciones que le facultan prevenir el ingreso al país de una especie exótica potencialmente peligrosa para la biodiversidad, y solo puede actuar de manera indirecta a través de la difusión, sensibilización y coordinación con instituciones públicas⁶⁴.

En este contexto, y para dar cumplimiento a los compromisos internacionales (CDB, 1992) y nacionales (Estrategia Nacional de Biodiversidad, 2003 y su Plan de Acción), el año 2005 se constituye el Comité Operativo para la Prevención, el Control y la Erradicación de las Especies Exóticas Invasoras (COCEI), el que se reúne periódicamente desde tal fecha, para establecer las prioridades de gestión sobre las EEI. Parte del trabajo de este comité ha sido el desarrollo de la actual Estrategia Nacional Integrada para la Prevención, el Control y la Erradicación de las EEI⁶⁵, la cual deberá complementarse en un futuro con un Plan de Acción Nacional de gestión de EEI que permita la implementación de esta estrategia (Ver Anexos 4.4 y 4.6)

59 Jaksic (1998). Op. cit.

60 PNUD (2017b). Op. cit.

61 Neill et al. (2006). Invasion of *Codium fragile* ssp. *tomentosoides* in northern Chile: A new threat for Gracilaria farming. *Aquaculture* 259: 202-2010.

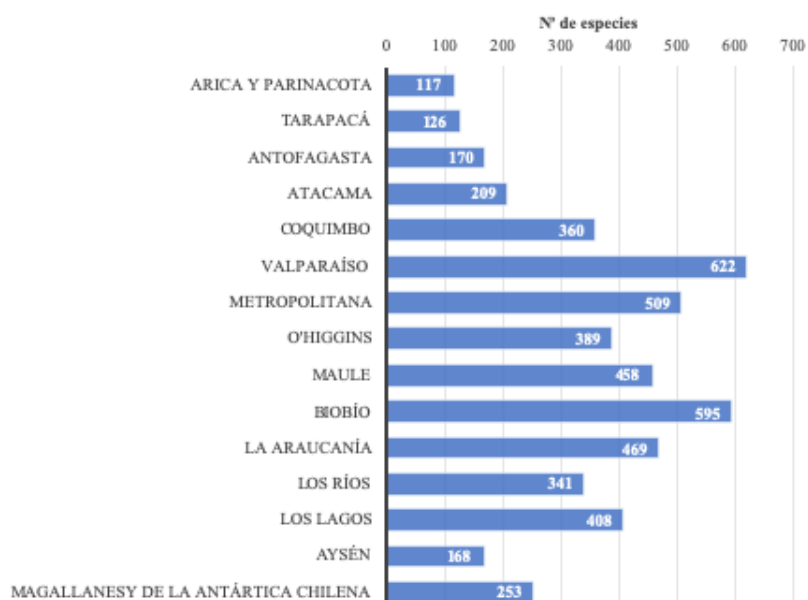
62 Montecino et al. (2016). Spatio temporal population dynamics of the invasive diatom *Didymosphenia geminata* in central-southern Chilean rivers. *Science of the Total Environment*, 568: 1135-1145.

63 Bustos & Jaksic (2017). Marco regulatorio aplicable al proceso de internación de especies exóticas a la república de Chile. Santiago, Chile, Ediciones CAPES-UC.

64 Comité Operativo para el Control de las Especies Exóticas Invasoras, COCEI (2014). Estrategia Nacional Integrada para la Prevención, el Control y/o Erradicación de las Especies Exóticas Invasoras. Ministerio del Medio Ambiente. Santiago. 26 p.

65 Comité Operativo para el Control de las Especies Exóticas Invasoras, COCEI (2014). Op. cit.

Figura 4.2 Distribución regional de las especies exóticas presentes en Chile



FUENTE: Elaboración propia a partir de información obtenida en PNUD (2017).

4.3.4 Contaminación

La contaminación es una de las grandes causas de pérdida de biodiversidad que se genera por la presencia de sustancias o combinación de éstas, en concentraciones y permanencia superiores a las encontradas usualmente en un ecosistema natural. Las actividades humanas no sostenibles son las principales causantes de la contaminación ambiental. Es así como en la zona norte, por ejemplo, como consecuencia de la actividad minera, la sobreexplotación del recurso agua ha secado bofedales y vegas alterando el medio con la consecuente afectación de la biodiversidad, proceso que ha seguido agravándose en las últimas décadas. El peso de la minería en la economía nacional ha influido para que este problema no tenga una solución definitiva. Los pasivos mineros (relaves abandonados), en especial de minas antiguas y de tamaños menores, han seguido contaminando suelos y cursos de agua, con efectos que en muchas ocasiones han llegado hasta el mar.

La zona central, dedicada a la agricultura, presenta problemas de fuentes difusas, con alta carga orgánica provenientes de actividades agropecuarias⁶⁶, industriales y de asentamientos humanos. Finalmente, en la zona sur la acuicultura, y en particular la salmicultura, genera diversas presiones sobre la biodiversidad en la columna de agua, el fondo marino y la costa⁶⁷. Se estima que la gran cantidad de antibióticos, especialmente de derivados de quinolona, usados en los últimos 20 años en salmicultura, en los estuarios de la Región de Los Lagos, seleccionará y favorecerá la diseminación de genes de resistencia y de bacterias resistentes entre los ambientes acuáticos y terrestres, impactando negativamente la salud animal y humana. Por cada tonelada de salmón producida en Chile se usa 36.600 veces más antibióticos que en Noruega⁶⁸. En la actualidad se ha impulsado el desarrollo de profundas reformas orientadas a la realización de prácticas más sustentables en el sector, tales como la diversificación de la industria hacia otros cultivos y la realización de la actividad a menor escala, entre otras medidas.

4.3.5 Cambio Climático

El cambio climático es una amenaza a la biodiversidad en la medida en que afecta la capacidad adaptativa de los organismos, así como sus equilibrios ecosistémicos. El quinto informe de evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Cli-

66 Morlans (2010). Contaminación Difusa en Acuíferos: Estudio de Caso en la Comuna de Colina, Región Metropolitana. Memoria para optar al título de Ingeniera Civil. Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de Chile, Santiago, Chile.

67 Camus & Jaksic (2009). Piscicultura en Chile: entre la productividad y el deterioro ambiental 1856-2008. Ediciones Universidad Católica de Chile, Santiago, Chile. 100 pp.

68 Millanao et al. (2011). Uso inadecuado y excesivo de antibióticos: salud pública y salmicultura en Chile. Rev. Méd. Chile 139, 107-118.

mático (IPCC, por sus siglas en inglés)⁶⁹, concluye, más allá de toda duda razonable, que el clima de la Tierra se está calentando. Desde la década de 1950, muchos de los cambios observados no han tenido precedentes en los últimos decenios a milenios. Este informe presenta una larga lista de cambios que los científicos han observado en todo el mundo. Desde mediados del siglo XIX, el aumento promedio de la temperatura de la superficie terrestre ha sido de 0,85°C. A escala mundial, los niveles del mar aumentaron con mayor rapidez que en los dos milenios anteriores. En muchas partes del mundo, incluida América Latina, el cambio de la precipitación está alterando los sistemas de agua dulce, lo que afecta la calidad y la cantidad de agua disponible, y en consecuencia el equilibrio de los ecosistemas terrestres, costeros y marinos. Aún más, un informe especial del 2018 del IPCC⁷⁰ establece que limitar el calentamiento a global a 1,5°C, en lugar de los 2°C previamente establecidos, tendría beneficios claros para las personas y los ecosistemas naturales, lo que necesita, sin embargo, de cambios de gran alcance y sin precedentes en todos los aspectos de la Sociedad.

Se espera que el cambio climático afecte a todos los aspectos de la biodiversidad y se le considera como una presión adicional a las múltiples actividades humanas que han causado y seguirán causando una pérdida en biodiversidad, a nivel mundial. El efecto general del cambio climático, provocado por el ser humano, muestra con alta confiabilidad que muchas especies de ecosistemas terrestres han cambiado sus rangos geográficos, sus actividades estacionales, abundancias, e interacciones con otras especies. Es probable que se modifique la composición de la mayoría de los ecosistemas actuales, ya que es difícil que las especies que componen dichos ecosistemas cambien de emplazamientos todos a la vez. Cambios en la frecuencia e intensidad de los fenómenos climáticos podrían modificar la extensión y emplazamiento de los ecosistemas, cuya estructura y funcionalidad deberá adaptarse a unas condiciones climáticas diferentes a las actuales. Aunque a la fecha sólo unas pocas extinciones de especies han sido atribuidas con alta confiabilidad al cambio climático, se conoce con alta certeza que cambios climáticos naturales ocurridos en los últimos millones de años a tasas muchísimo más lentas que el actual cambio climático antropogénico, han causado alteraciones en los ecosistemas y extinciones de especies significativas. Muchas especies, especialmente las más vulnerables, podrían sufrir la extinción en el intento por adaptarse a un clima diferente.

Chile es un país particularmente vulnerable a los efectos del cambio climático por cumplir con siete de las nueve características de vulnerabilidad⁷¹. Las especies y ecosistemas terrestres, acuáticos continentales y marinos del país, han evolucionado dentro de ciertos rangos de eficiencia y tolerancia en relación con los parámetros climáticos. No obstante, los cambios acelerados que se están produciendo podrían modificar los patrones de temperatura y precipitaciones, probablemente más allá de los umbrales de tolerancia biológica, que hasta ahora los ecosistemas y especies han enfrentado⁷². Debido a esta vulnerabilidad, se han realizado distintos estudios para modelar el comportamiento futuro de las especies y los ecosistemas terrestres en Chile, frente a escenarios de cambio climático. En 2010, el Instituto de Ecología y Biodiversidad (IEB), encomendado por la entonces CONAMA⁷³, desarrolló el estudio denominado “Vulnerabilidad de la biodiversidad terrestre en la ecorregión mediterránea, a nivel de ecosistemas y especies, y medidas de adaptación frente a escenarios de cambio climático”. En relación con la distribución y dispersión de las especies, el estudio señala que las consecuencias de este cambio dependerían fundamentalmente de la capacidad de dispersión o migración a gran escala con que cuenten las especies estudiadas⁷⁴.

Considerando que las especies tienen limitaciones para dispersarse cuando cambian las condiciones ambientales en sus áreas tradicionales, la gran mayoría de las 1.447 especies de flora terrestre y las 67 especies de fauna analizadas, presentarían reducciones en su área de distribución proyectada. Los impactos del cambio climático sobre 36 ecosistemas evaluados en este mismo estudio muestran un patrón de variación latitudinal en casi todas las unidades presentes en la zona costera e interior del norte y centro de Chile. Al tener climas más cálidos, se trasladarían las condiciones actuales desde la zona norte hacia las zonas central y austral, con lo cual se podrían ver influenciadas de manera importante las comunidades vegetales y faunísticas asociadas. Por ejemplo, los herbívoros de la zona austral podrían verse beneficiados, al generarse condiciones para un mayor crecimiento de la biomasa vegetal⁷⁵. Así también, las unidades con vegetación esclerófila y espinosa son las que muestran mayor variación en sus rangos de distribución actuales. La mayor

69 IPCC (2013). Cambio Climático 2013: Base de ciencia física. Afirmaciones principales del Resumen para responsables de políticas.

70 IPCC (2018). Global Warming of 1.5°C. Summary for Policymakers.

71 Plan de Acción Nacional de Cambio Climático, PANCC 2017-2022. Gobierno de Chile. De acuerdo al artículo 4.8 de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, se reconoce como países especialmente vulnerables a los que tengan las siguientes características: a) Países insulares pequeños; b) Países con zonas costeras bajas; c) Países con zonas áridas y semiáridas, zonas con cobertura forestal y zonas expuesta al deterioro forestal; d) Países con zonas propensas a los desastres naturales; e) Países con zonas expuestas a la sequía y la desertificación; f) Países con zonas de alta contaminación atmosférica urbana; g) Países con zonas de ecosistemas frágiles, incluidos los ecosistemas montañosos; h) Países cuyas economías dependen en gran medida de los ingresos generados por la producción, el procesamiento y la exportación de combustibles fósiles y productos asociados de energía intensiva, o de su consumo; i) Países sin litoral y los países de tránsito.

72 Ministerio del Medio Ambiente (2014a). Plan de adaptación al cambio climático en biodiversidad. Elaborado en el marco del PANCC y de la actualización de la Estrategia Nacional de Biodiversidad. Santiago, Chile. 95p.

73 Marquet et al. (2010). Vulnerabilidad de la biodiversidad terrestre en la ecoregión mediterránea, a nivel de ecosistemas y especies, y medidas de adaptación frente a escenarios de cambio climático. IEB, Chile.

74 Marquet et al. (2010). *Op. cit.*

75 Searle & Rovira (2008). “Cambio Climático y Efectos en la Biodiversidad: el caso chileno”. En: Biodiversidad de Chile. Patrimonio y Desafíos. CONAMA (2008), 502-505.

cantidad de cambios en las unidades de vegetación estimados hacia fines de siglo ocurriría en la zona central de Chile, área donde los ecosistemas experimentarían mayor dinamismo. En este contexto, la vegetación del “hotspot” de clima mediterráneo y templado sería altamente vulnerable a dichos cambios.

Para el caso de los humedales altoandinos en el extremo norte del país, ocho sitios correspondientes a las cuencas con mayor cantidad de hábitat de humedal fueron utilizados en el estudio antes mencionado (Cuenca altiplánica, Cuenca del Río Lluta, Cuenca del Salar de Atacama, Cuenca del Río Loa, Cuencas Endorreicas del Salar de Atacama, Cuenca Norte Salar de Pedernales, Cuenca Vertiente Pacífico, Cuenca Río Huasco). Los resultados del análisis indican que el balance hídrico futuro se caracterizará por una tendencia al aumento de las temperaturas y reducción del agua de precipitaciones, caudales y escorrentía superficial, siendo estos últimos los principales sostenedores de los humedales de esta zona, lo que significaría un perjuicio en la estabilidad y funcionalidad ecológica de estos ecosistemas.

De manera complementaria, en el estudio realizado por el Centro de Agricultura y Medio Ambiente de la Universidad de Chile (AGRI-MED)⁷⁶ se analizó el estrés bioclimático sobre cada uno de los 127 pisos vegetacionales de Chile. El estrés bioclimático se estima como una función de las diferencias entre las condiciones promedios durante 1980-2010 (línea base) y las condiciones climáticas esperadas en 2030 y 2050. En base a este concepto e incorporando además otras variables no climáticas que inciden en la vulnerabilidad de los ecosistemas, se identifican como especialmente afectados para el escenario del año 2050 los pisos de vegetación situados en la zona central del país, entre las regiones de Coquimbo y Los Lagos. Entre ellos, los más vulnerables serían algunos pisos de vegetación pertenecientes a las formaciones vegetacionales Bosque Esclerófilo, Bosque Caducifolio y Bosque Laurifolio⁷⁷. Los autores consideran que la velocidad de adaptación de las comunidades de plantas y animales no es compatible con la rapidez con que se prevé que seguirán ocurriendo los cambios climáticos en el mundo. Aunque el territorio chileno posee condiciones particularmente favorables para atenuar la magnitud de los cambios en las temperaturas, esto no es lo mismo en el caso de las precipitaciones, las cuales amenazan con seguir disminuyendo durante varias décadas más, amenazando seriamente a los recursos hídricos y a la vegetación natural, que debería adaptarse en una importante extensión del territorio a una condición algo más árida. Los resultados del estudio señalan, también, que la región central mediterránea del país podría ser la más afectada por la disminución de las precipitaciones; para dicha zona se ha indicado como probable para el año 2040, una reducción superior a 30% en el promedio anual de las precipitaciones⁷⁸. En las regiones altas, arriba de los 2.000 m⁷⁹, se sentiría con fuerza el aumento de la temperatura, lo cual hará que los ecosistemas de altura requieran particular atención, no sólo por la amenaza climática, sino porque cumplen un importante rol regulador hídrico en las partes altas de las cuencas.

En ambientes marinos, para Chile se pronostican aumentos del nivel medio del mar al año 2100, del orden de los 20 cm entre los 30° y 60° S y de 25 cm entre los 20° y 30° S. Los vientos superficiales se fortalecerán pasando de un promedio de 6,5 m/s en el período 2000-2005, a 7,5 m/s en el período 2071-2100, efecto que asociado a las surgencias tenderían a enfriar las aguas superficiales⁸⁰. Pese a la relevancia del sector pesquero y acuicola dentro de la economía nacional, actualmente Chile no cuenta con un nivel de información detallada respecto de los efectos del cambio climático sobre dichas actividades; lo cual es relevante, dado que se espera que el cambio climático traiga consigo una reorganización de las comunidades de plancton, y en consecuencia, genere efectos sobre especies vinculadas a la pesca. Otro de los efectos esperados se relacionaría con la distribución y la abundancia de mamíferos marinos. Sumado a lo anteriormente señalado, se pronostica la posibilidad de que aumenten eventos con mínima concentración de oxígeno, con repercusiones en la fauna costera y marina, así como cambios en la temperatura y salinidad donde se concentran cultivos marinos, lo cual podría causar la diseminación de enfermedades⁸¹.

4.4 POLÍTICAS PARA LA GESTIÓN AMBIENTAL DE LA DIVERSIDAD BIOLÓGICA

4.4.1 Contexto global

Chile ha adoptado importantes compromisos globales que contribuyen a la protección de la biodiversidad y los servicios ecosistémicos (ver Anexo 4.4). En 1994 Chile ratificó el Convenio sobre la Diversidad Biológica (CDB), comprometiéndose a implementar acciones para la conservación y el uso sustentable de la biodiversidad. En 2010, la CDB instó a los países a actualizar sus Estrategias Nacionales

76 Santibañez et al (2013). Plan de acción para la protección y conservación de la biodiversidad, en un contexto de adaptación al cambio climático. MMA-Fundación Facultad de Ciencias Agronómicas Universidad de Chile; Santiago, 224 p.

77 Santibañez et al (2013). *Op. cit.*

78 Searle & Rovira (2008). “Cambio Climático y Efectos en la Biodiversidad: el caso chileno”. En: Biodiversidad de Chile. Patrimonio y Desafíos. CONAMA 2008, 502-505.

79 Santibañez et al (2013). *Op. cit.*

80 Santibañez et al. (2013). *Op. cit.*

81 Ministerio del Medio Ambiente (2016b). *Op. cit.*

de Biodiversidad (ENB) de acuerdo con el “Plan Estratégico para la Diversidad Biológica 2011-2020 y las Metas de Aichi”. Este plan estratégico propone 20 metas mundiales (Metas de Aichi, Anexo 4.5), orientadas a detener la pérdida de diversidad biológica a nivel global y enfrentar a través de las acciones de política pública y privada, las causas subyacentes que provocan su pérdida y deterioro.

Por su parte, la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE), en sus “Perspectivas Ambientales al 2050”, plantea la necesidad de fortalecer las políticas públicas y los instrumentos para abordar de mejor manera las presiones directas sobre ella, a través de la promoción del uso sustentable, la inserción de los objetivos de biodiversidad en las políticas y planes intersectoriales, y la protección y restauración de ecosistemas y hábitats, entre otros aspectos. En la misma línea, el nuevo pacto social global que da origen a la “Agenda de Desarrollo Sostenible al 2030” de Naciones Unidas, plantea 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), que buscan enfrentar los problemas sociales, económicos y ambientales que aquejan a los países y al planeta (ODS, Anexo 4.5). De acuerdo con dicha agenda no es posible superar la pobreza, el hambre y la desigualdad si, entre otros, no se avanza seriamente en la protección y uso sostenible de la biodiversidad y los recursos naturales.

Anteriormente, Chile ya había suscrito otras convenciones y tratados en materia ambiental, tales como la Convención de Washington; la Convención Ramsar o de Humedales de Importancia Internacional; el Protocolo para la Conservación y Administración de las Áreas Marinas y Costeras del Pacífico Sudeste y la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMNUCC) y su Protocolo de Kyoto, entre otros (Ver Anexo 4.4). En este contexto, diversos esfuerzos fueron realizados por Chile en el avance de la institucionalidad ambiental, los cuales culminaron con la aprobación de la Ley de Bases Generales sobre el Medio Ambiente (Ley N° 19.300, 1994) y la creación de la Comisión Nacional de Medio Ambiente (CONAMA), como ente coordinador de las distintas instituciones del Estado con competencias relacionadas con el medio ambiente. Asimismo, en el marco de la adhesión del CDB (1992), Chile diseñó y aprobó en 2003 una Estrategia Nacional de Biodiversidad y un Plan de Acción Nacional orientados a conservar y dar uso sostenible a los ecosistemas terrestres y marinos. Para más detalle, ver Tercera Parte de este informe.

El año 2010, con la modificación de la Ley de Bases Generales del Medio Ambiente (Ley N° 20.417, 2010) se reforma profundamente la institucionalidad ambiental, creando el Ministerio de Medio Ambiente (MMA) y se compromete la creación de un servicio público encargado de la conservación de la biodiversidad y, en particular, de la administración de las áreas protegidas del país. Así en marzo de 2011, el Ejecutivo ingresó al Congreso el Proyecto de Ley que crea el Servicio de Biodiversidad y Áreas Protegidas y el Sistema Nacional de Áreas Protegidas (proyecto de ley del SBAP, boletín N° 7.487-12). Como su título indica, el proyecto de ley tiene por objeto la conservación de la diversidad biológica del país, a través de la preservación, restauración y uso sustentable de las especies y ecosistemas. Asimismo, esta ley permitirá la implementación de instrumentos y mecanismos que permitan reducir la pérdida de hábitats de especies nativas, la contaminación, los impactos de especies exóticas invasoras, la sobreexplotación de especies y los efectos del cambio climático global. Luego de un segundo ingreso del proyecto de ley (boletín N° 9.404-12) y varios años de tramitación, este proyecto fue finalmente aprobado en su primer trámite constitucional en el Senado y continúa su tramitación en la Cámara de Diputados. Su aprobación es clave para completar la institucionalidad ambiental de Chile. Un resumen de los principales instrumentos normativos en material de biodiversidad se puede ver en el Anexo 4.6.

4.4.2 La estrategia nacional de biodiversidad

Chile en el año 2003 aprobó su primera Estrategia Nacional de Biodiversidad (ENB 2003), cuyo objetivo general era “conservar la biodiversidad del país, promoviendo su gestión sustentable, con el objeto de resguardar su capacidad vital y garantizar el acceso a los beneficios para el bienestar de las generaciones actuales y futuras”. La evaluación de esta Estrategia, presentada por el MMA a través del quinto informe nacional de biodiversidad de Chile (2014), concluye que el 50% de las acciones propuestas fueron realizadas. Entre las razones por las cuales determinadas acciones no fueron realizadas, se cuentan principalmente factores como la falta de voluntad política junto con el cambio en las prioridades de trabajo de las entidades encargadas de llevar a cabo la ejecución de las acciones. En cuanto a las metas, el 85% de ellas presentaron un cumplimiento bajo y medio-bajo, mientras que el 15% restantes presentó un cumplimiento medio-alto. Ninguna meta fue cumplida con un nivel alto.

A 10 años de la ENB 2003, y a la luz de los compromisos adquiridos por Chile en materia internacional, particularmente con el CDB, el año 2013 se inició un trabajo multisectorial, con actores públicos y privados para actualizar la estrategia vigente y generar un instrumento de política pública que incorporase las Metas Aichi y los Objetivos de Desarrollo Sustentable (ODS), considerando a su vez las prioridades del país. El impulso a este proceso comenzó con la aprobación del Proyecto GEF/PNUD/MMA “Planificación Nacional de la Biodiversidad para apoyar la implementación del Plan Estratégico de la Convención de Diversidad Biológica, 2011-2020”, financiado por el Fondo para el Medio Ambiente Mundial (GEF, por sus siglas en inglés) donde entre otras cosas, se constituye un Comité Directivo Asesor del Proyecto (CDAP), para avanzar en la elaboración de una propuesta de marco político para la nueva Estrategia.

Otro avance, sólo en la planificación y creación de instrumentos, se ha logrado a través de la actualización de los planes de acción de la Política Nacional para la Protección de Especies Amenazadas, la Estrategia Nacional para la Conservación y Uso Racional de los Humedales en Chile, y la Política Nacional de Áreas Protegidas, permitiendo mejorar algunos de los esfuerzos que nacieron al alero de la ENB 2003. Además, a partir de los vacíos identificados en la ENB 2003, se crearon dos nuevos instrumentos, la Estrategia Nacional para la Gestión de Especies Exóticas Invasoras, y la Estrategia Nacional para la Conservación Marina y de Islas Oceánicas. Por otro lado, el año 2014 fue aprobado por el Consejo de Ministros para la Sustentabilidad el Plan de Adaptación al Cambio Climático en Biodiversidad. Este plan constituye un avance para la implementación de esta nueva Estrategia, al igual que el Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático y los Planes Sectoriales de Adaptación al Cambio Climático para Pesca y Acuicultura. En el 2015 se elaboraron también 15 diagnósticos del estado y tendencia de la biodiversidad a nivel regional, que deberían servir de insumo para la actualización de los Planes de Acción Regionales del 2017 en adelante.

Luego de todo este proceso y a 14 años de la primera ENB, se elabora en Chile la Estrategia Nacional de Biodiversidad 2017-2030 (ENB) y su Plan de Acción, ambos aprobados por el Consejo de Ministros para la Sustentabilidad el 05 de enero de 2018. Este nuevo instrumento de política pública establece los principales lineamientos estratégicos y metas nacionales en materia de conservación y uso sustentable de la biodiversidad al 2030 y se basa en los siguientes principios orientadores: 1) La biodiversidad es la base del bienestar humano; 2) La equidad y acceso a los beneficios es una prioridad; 3) La conciencia pública y la cooperación son la base para la conservación de la biodiversidad; 4) La intersectorialidad es esencial para la gestión de la biodiversidad; 5) La gradualidad es indispensable en una estrategia de largo plazo; 6) La precaución y prevención contribuyen a salvaguardar el patrimonio natural; 7) Compromiso global y nacional. La ENB cuenta con una Visión y Misión de corto, mediano y largo plazo, cinco objetivos estratégicos y varios lineamientos estratégicos que los articulan (Cuadro 4.), con los cuales se espera: promover el uso sustentable de la biodiversidad para el bienestar humano; desarrollar la conciencia, el conocimiento y la participación de la ciudadanía en el resguardo de la biodiversidad como fuente de bienestar; proteger y restaurar la biodiversidad y sus servicios ecosistémicos; fortalecer la institucionalidad y buena gobernanza; e integrar objetivos de biodiversidad en otros instrumentos sectoriales, generando un marco orientador que articule los principales desafíos del país en este ámbito. Cada uno de los objetivos está a su vez asociado a las metas país al 2030, las metas Aichi y los Objetivos de Desarrollo Sustentable (ODS).

Cuadro 4.15 Marco estratégico de la ENB 2017-2030

Visión	La sociedad chilena comprende, valora, respeta e integra la biodiversidad y los servicios ecosistémicos del país como fuente de su propio bienestar, deteniendo su pérdida y degradación, restaurándolos, protegiéndolos, usándolos de manera sustentable y distribuyendo los beneficios de la biodiversidad de manera justa y equitativa, manteniendo las posibilidades de satisfacer las necesidades de las generaciones futuras.				
Misión	Impulsar la conservación de la biodiversidad del país, en todos sus niveles, en un marco de buena gobernanza territorial, que garantice el acceso justo y equitativo a los bienes y servicios ecosistémicos para las generaciones actuales y futuras, y fomenta las capacidades del país para resguardar, restaurar y usar sustentablemente este patrimonio y legado natural.				
Cinco objetivos estratégicos	Promover el uso sustentable de la biodiversidad para el bienestar humano, reduciendo las amenazas sobre ecosistemas y especies.	Desarrollar la conciencia, la participación, la información y el conocimiento sobre la biodiversidad, como base del bienestar de la población.	Desarrollar una institucionalidad robusta, buena gobernanza y distribución justa y equitativa de los beneficios de la biodiversidad.	Insertar objetivos de biodiversidad en políticas, planes y programas de los sectores públicos y privados.	Proteger y restaurar la biodiversidad y sus servicios ecosistémicos.
Meta nacional al 2030 (resumidas)	Avance significativo en el uso sustentable de la biodiversidad nacional, contribuyendo a la mantención de sus servicios ecosistémicos.	El 60% de la población nacional estará consciente del valor de la biodiversidad nacional y los problemas ecológicos y ambientales que genera su pérdida.	Avance en lograr una institucionalidad que permita la conservación y gestión sustentable de la biodiversidad del país, tanto a nivel local, regional como nacional.	Las instituciones públicas, sectores productivos y de servicios del país, que generan impactos sobre la biodiversidad, habrán avanzado en la aplicación permanente de políticas y medidas para conservar y usar sustentablemente la biodiversidad nacional y sus servicios ecosistémicos.	Se habrá reducido la tasa de pérdida de ecosistemas y especies en un 75% y será cercano a cero donde sea priorizado.
Metas Aichi asociadas	3, 4, 6, 7, 14 y 15	1, 18 y 19	16, 17, 18 y 20	2	5, 9, 10, 11, 12, 13, 14 y 15
ODS asociados	2, 6, 8, 9, 12, 13, 14, 15 y 17	4, 12, 14, 16 y 17	6, 14, 15, 16 y 17	11, 12, 13, 15, 17	2, 6, 14, 15 y 17

FUENTE: Elaboración propia a partir de información obtenida en ENB 2017-2030 (2017).

Los objetivos y lineamientos estratégicos definidos por la ENB 2017-2030 son trabajados a través de su Plan de Acción Nacional. Los ámbitos temáticos que aborda este Plan corresponden a la Conservación de la Biodiversidad Marina y de Islas Oceánicas; las Especies Exóticas Invasoras; las Especies Nativas; las Áreas Protegidas; la Conservación y Uso Racional de los Humedales en Chile; y Actividades transversales. Este último ámbito recoge aquellos aspectos que son genéricos para los distintos objetivos de la Estrategia, tales como aspectos de financiamiento, comunicación, institucionalidad, entre otros. Además, incluye actividades del Plan de Adaptación al Cambio Climático en Biodiversidad.

Otros instrumentos de política pública que apuntan a la protección directa o indirecta de la biodiversidad son: el Plan de Adaptación al Cambio Climático para Pesca y Acuicultura; la formalización del Comité Nacional de Restauración Ecológica; la Política Nacional para la Gestión Sustentable de la Montaña en Chile y su Plan de Acción (en proceso de formulación); la Política Forestal 2015-2035, entre otras (Cuadro 4.8). A pesar de estos avances en planes, estrategias e instrumentos para responder a los compromisos internacionales en términos de la protección de la biodiversidad, muchas de estas iniciativas aún no se han concretado y otras no han avanzado lo suficiente como para ver los resultados de esos esfuerzos. El país cuenta con una amplia batería de mandatos, compromisos e instrumentos, que bien podrían ser aplicados y utilizados más eficazmente si hubiese la voluntad política necesaria.

Cuadro 4.16 Principales Políticas, Estrategias y Planes para la conservación de la Biodiversidad en Chile

	TÍTULO	FECHA
Políticas	Política Nacional para la protección de Especies Amenazadas	2005
	Política Nacional de Áreas Protegidas (PNAP)	2007
	Política Nacional de Mejoramiento Genético del Ganado Bovino y Ovino	2008
	Política para la Protección y Conservación de Glaciares	2009
	Política forestal 2015-2035	2016
	Estrategias Regionales de Biodiversidad	2002
	Estrategia Nacional de Biodiversidad (ENB-2003)	2003
	Estrategia Nacional para la Conservación y Uso Racional de los Humedales en Chile (ENH)	2005
Estrategias	Estrategia Nacional de Cambio Climático	2006
	Estrategia Nacional Integrada para la Prevención, el Control y/o Erradicación de las Especies Exóticas Invasoras	2014
	Estrategia Nacional de Cambio Climático y Recursos Vegetacionales	2016
	Estrategia Nacional de Biodiversidad 2017-2030	2017
	Plan de Acción País de la ENB-2003	2005
	Plan de Acción Nacional de Cambio Climático (PANCC) 2008-2012	2006
	Plan de acción nacional para prevenir desalentar y eliminar la pesca ilegal no declarada y no reglamentada	2006
	Plan de Adaptación al Cambio Climático del Sector Silvoagropecuario	2013
	Plan de Adaptación al Cambio Climático en Biodiversidad	2014
	Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático	2014
	Plan de Adaptación al Cambio Climático para Pesca y Acuicultura	2015
	Plan de Acción Nacional de Cambio Climático (PANCC-II) 2017-2022	2017
Planes	Plan de Acción de Áreas Protegidas	En proceso de aprobación y validación
	Plan de Acción para la Conservación de Especies Nativas	En proceso de aprobación y validación
	Plan de Acción para la Conservación de Humedales	En proceso de aprobación y validación
	Plan de Acción para la Gestión de Especies Exóticas Invasoras	En proceso de aprobación y validación
	Plan de Acción para la Conservación Marina y de Islas Oceánicas	En proceso de aprobación y validación

4.4.3 Conservación in situ: Áreas protegidas

Internacionalmente, se ha llegado al consenso de que la conservación in situ, es decir, la creación y manejo de áreas protegidas, constituyen el mecanismo más adecuado para la preservación y conservación de la biodiversidad en sus tres niveles jerárquicos: genes, especies y ecosistemas. Según la definición de la UICN, “Un área protegida es un espacio geográfico claramente definido, reconocido, dedicado y gestionado a través de medios legales u otros efectivos para lograr la conservación a largo plazo de la naturaleza junto a los servicios de los sistemas y los valores culturales asociados” (Dudley 2008).

En 2010, los países del mundo acordaron detener la pérdida de biodiversidad, así como asegurar el uso sostenible de los recursos naturales (CDB 2010) en el Plan Estratégico sobre la Diversidad Biológica (CDB). El plan incluye 20 Metas de Aichi para la Diversidad Biológica a cumplir en 2020 y reconoce el rol central de las áreas protegidas para lograr las metas de conservación de la biodiversidad. La meta 11 establece una serie de elementos importantes y necesarios que una red global de áreas protegidas debería proporcionar: para 2020, al menos el 17 por ciento de las áreas terrestres y de aguas continentales y el 10 por ciento de las zonas marinas y costeras (especialmente las áreas de especial importancia para la biodiversidad y los servicios de los ecosistemas) se conservarán mediante sistemas de áreas protegidas y otras medidas eficaces de conservación basadas en el área que sean gestionados de manera efectiva y equitativa, resulten ecológicamente representativos, bien conectados e integrados en los paisajes terrestres y marinos más amplios (CDB, 2010)⁸².

4.4.3.1 Áreas Protegidas Públicas

El desarrollo y gestión de las áreas protegidas (AP) en Chile comenzó a inicios del siglo XX, antes de la existencia de una ley de medio ambiente o de un organismo del Estado cuyo propósito fuera velar por la preservación de la biodiversidad. El primer hito relevante en este sentido es la creación en 1907 de la Reserva Forestal Malleco, por decreto del Ministerio de Relaciones Exteriores⁸³, seguido luego por la Ley de Bosques de 1925 y 1931; la Convención de Washington en 1940 y la creación en 1970, de la Corporación de Reforestación (COREF), órgano que en 1972 pasó a denominarse Corporación Nacional Forestal (CONAF). La CONAF ha sido una institución relevante en la historia de la administración de las AP del Estado en el ámbito de los ecosistemas terrestres. Fue creada como un órgano de derecho privado, sin fines de lucro y subordinado al Ministerio de Agricultura. Sus principales funciones son el fomento forestal, el combate y control de incendios forestales y la administración de áreas silvestres protegidas del Estado en el ámbito terrestre.

En 1984, la ley 18.362 creó el Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas del Estado (SNASPE); sin embargo, dicha ley no entró en vigor ya que quedó supeditada a la creación de la Corporación Nacional Forestal y de Protección de Recursos Naturales Renovables, como servicio público descentralizado, cuestión que no se materializó. En razón a lo anterior, las áreas silvestres protegidas del Estado se sustentan legalmente en la Ley de Bosques de 1931; en el D.S. N° 531 de 1967 que ratifica la Convención de Washington de 1940; y en el D.L. N° 1.939 de 1977 sobre adquisición y administración de bienes del Estado. Años más tarde, en 2014, se crea⁸⁴ el Comité Nacional de Áreas Protegidas, cuyo objetivo central es constituirse en una instancia de apoyo técnico y de consulta respecto de políticas, programas, planes, normas y proyectos asociados a la creación, manejo y financiamiento de las áreas protegidas. Uno de los desafíos del comité es la implementación del Plan de Acción Nacional de Áreas Protegidas (2015-2030), parte de la ENB y del Plan Estratégico 2011-2030 del CBD.

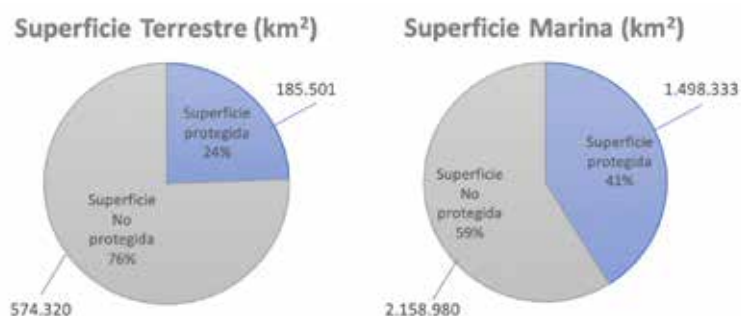
Actualmente Chile cuenta con un total de 189 APs que cubren un total de 155.155 km² de superficie terrestre y 1.506.502 km² de superficie marina, correspondiente a un 20 y un 41 % de cobertura respecto al área total presente en el país, respectivamente (Figura 4.3). Las AP consideran un espectro amplio de niveles de protección, existiendo diferentes tipos según el nivel de restricciones establecidas para cada categoría de manejo. El desarrollo legislativo e institucional de las áreas protegidas en Chile ha llevado a la constitución de 8 distintas categorías, las cuales cumplen con los siguientes criterios: 1) tienen como objetivo la conservación de la biodiversidad, 2) cuentan con mecanismos institucionales para su designación y manejo y 3) se constituyen sobre espacios geográficos bien determinados. Estas categorías corresponden a: Parque Marino; Parque Natural; Monumento Natural; Santuario de la Naturaleza; Reserva Forestal; Reserva Nacional; Reserva Marina; y Área costera Protegida de Múltiples Usos (AMCP-MU). A esto se agregan dos designaciones de tipo internacional que corresponden a los sitios Ramsar y a las Reservas de la Biósfera de la UNESCO. En el Cuadro 4.9 se presenta el número de APs para las diferentes categorías presentes en Chile, con sus correspondientes autoridades de gestión y su homologación a las categorías de UICN.

82 UNEP-WCMC (2015). Manual de Usuario 1.4 de la Base de Datos Mundial sobre Áreas Protegidas.

83 Decreto N°540 de Ministerio de Relaciones Exteriores de 1907.

84 Resolución Exenta N° 83, de 3 de febrero de 2014, del Ministerio del Medio Ambiente.

Figura 4.3 Superficies terrestres y marinas representadas en las Áreas Protegidas de Chile



FUENTE: Elaboración propia a partir de datos obtenidos en julio 2019 desde el Registro Nacional de Áreas protegidas, <http://areasprotegidas.mma.gob.cl>

Cuadro 4.17 Áreas Protegidas para las diferentes categorías presentes en Chile, con sus correspondientes autoridades de gestión y su homologación a las categorías de UICN.

Designación	Nº de APs	Tipo de designación	Autoridad de gestión	Categorías UICN*								
				Ia	Ib	II	III	IV	V	VI	n.c.	n.a.
Parque Marino	10	Nacional	SERNAPESCA	10	0	0	0	0	0	0	0	0
Parque Nacional	41	Nacional	CONAF	0	0	39	0	1	0	0	1	0
Monumento Natural	18	Nacional	CONAF	0	0	0	15	0	0	0	2	0
Santuario de la Naturaleza	56	Nacional	Diversos organismos públicos y privados	0	0	0	0	39	0	0	16	0
Reserva Forestal	20	Nacional	CONAF	0	0	0	0	20	0	0	0	0
Reserva Nacional	26	Nacional	CONAF	0	0	0	0	26	0	0	0	0
Reserva Marina	5	Nacional	SERNAPESCA	0	0	0	0	5	0	0	0	0
Área Marina Costera Protegida de Múltiples Usos (AMCP-MU)	13	Nacional	DIRECTEMAR, instituciones académicas y otros	0	0	0	0	13	0	0	0	0
Ramsar Site, Wetland of International Importance	14	Internacional	CONAF/privados	0	0	0	0	0	0	0	14	0
UNESCO-MAB Biosphere Reserve	10	Internacional	CONAF	0	0	0	0	0	0	0	0	10

Total de Áreas protegidas: 213

FUENTE: Elaboración propia a partir de información obtenida en "The World Database on Protected Areas (WDPA)", consultada on line en julio 2019. Disponible en: www.protectedplanet.net.

* Categorías IUCN: Ia: Reserva Natural Estricta; Ib: Área silvestre; II: Parque Nacional; III: Monumento o Elemento Natural; IV: Área de gestión de hábitat/especies; V: Paisaje terrestre/marino protegido; VI: Área protegida con uso sostenible de los recursos naturales; No comunicado (n.c.): Para áreas protegidas en las que se desconoce la categoría de la UICN o en las que el proveedor de datos no ha proporcionado ninguna información; No aplicable (n.a.): Las Categorías de Gestión de la UICN no son aplicables a un tipo de designación específico. Esto se aplica en la actualidad a los Sitios del Patrimonio Mundial y a las Reservas de la UNESCO-MAB

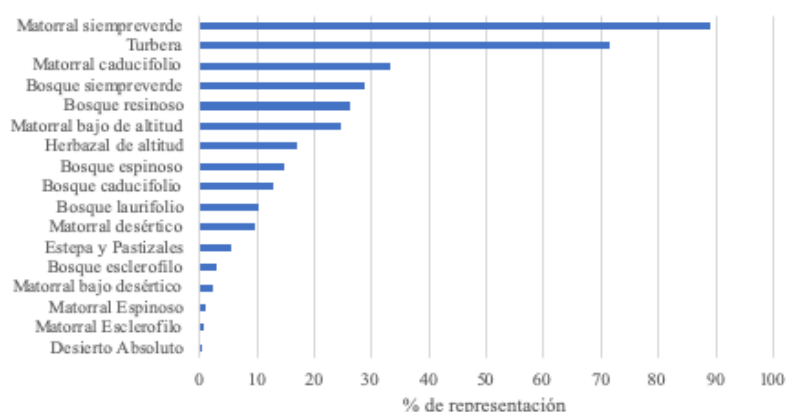
A pesar de la alta concentración de áreas protegidas y de superficie representada en el ámbito terrestre y marino, todavía persisten importantes vacíos de representatividad para un número importante de ecosistemas, por lo que estos valores deben ser tomados con precaución. Respecto a la representatividad de las Ecorregiones terrestres, los datos entregados por el Registro Nacional de Áreas

Protegidas⁸⁵, muestran que de las 11 ecorregiones clasificadas por el MMA, sólo 5 (45%) de ellas alcanzan el porcentaje de representatividad estipulado para el cumplimiento de la meta Aichi 11⁸⁶. Para las ecorregiones marinas, por su parte, 3 de las 7 (43%) regiones están correctamente representadas en las APs. Una situación similar se observa al analizar la representatividad de biomas dentro del SNASPE. Según el Informe de las Áreas Protegidas del Estado de 2015, más del 12% de los ecosistemas no se encuentra incluido en ninguna categoría AP y otro 24% posee menos de 1% de sus áreas bajo algún sistema de protección. Los biomas mejor representados son el matorral siempre verde y las turberas, mientras que el desierto absoluto, los matorrales esclerófilo, espinoso y bajo desértico, junto con el bosque esclerófilo y las estepas y pastizales de la zona austral, prácticamente no tienen protección (Figura 4.4). Estas observaciones se corresponden bastante bien con el análisis hecho por Martínez-Tillería et al. (2017), quienes identificaron 15 ecosistemas sub-representados en el SNASPE, dentro de los cuales aquellos dominados por matorrales y bosques del centro de Chile serían los menos representados (sólo un 3%, Cuadro 4.5 de la sección 4.1.1.3 Diversidad de ecosistemas). Estos y otros antecedentes indican que el matorral esclerófilo del centro de Chile, o matorral chileno, a pesar de ser biológicamente uno de los ecosistemas más ricos del país⁸⁷, es probablemente el más amenazado en Chile continental, debido, a su histórica reducción en extensión⁸⁸ y a la falta actual de protección.

Respecto a la protección de áreas en los ambientes marinos y costeros, a pesar de que en términos generales existe un 12,9% de protección de la Zona Económica Exclusiva, el 97% de dicha superficie corresponde a dos áreas, el Parque Marino Motu Motiro Hiva, con 15.000.000 ha; y el Parque Marino Nazca Desventuradas, con 30.003.500 ha, que protege la provincia biorregional de Isla de Pascua; la superficie restante corresponde a las áreas marinas protegidas establecidas en el borde continental y que aportan marginalmente a la representatividad del resto de las ecorregiones marinas del país⁸⁹. Tampoco se encuentran bajo medidas de conservación los cañones submarinos y los ambientes pelágicos y demersales. Asimismo, existen vacíos en los esfuerzos de conservación en la zona norte, central, los fiordos y canales e islas oceánicas⁹⁰.

Finalmente, es importante notar que la sola existencia de una AP no garantiza necesariamente su adecuada conservación. Uno de los grandes desafíos institucionales es la creación de áreas protegidas con planes de manejo que permitan la conservación efectiva de la biodiversidad. Hasta 2017, sólo un 42% de las APs contaban con un plan de manejo vigente (es decir, un plan con antigüedad no superior a 20 años), representando no más de un 10% del total de la superficie protegida del país⁹¹. Entre las APs que cuentan con planes de manejo la mayoría corresponden a Parques Nacionales, Reservas Nacionales, Reservas Forestales y Monumentos Nacionales, mientras que entre los casi 60 Santuarios de la Naturaleza, sólo 14 cuentan con plan de manejo y ninguna de las Áreas Marinas Costeras Protegidas ni los Parques Marinos cuentan con algún instrumento concreto de protección.

Figura 4.4 Representación de biomas terrestres en el SNASPE



FUENTE: Elaboración propia a partir de datos obtenidos en julio 2019 desde el portal del Registro Nacional de Áreas protegidas, <http://areasprotegidas.mma.gob.cl>

85 <http://areasprotegidas.mma.gob.cl>, consultado en julio 2019.

86 Meta Aichi 11: Para 2020, al menos, el 17% de las zonas terrestres y de aguas continentales y el 10% de las zonas marinas y costeras estarán conservadas en áreas protegidas. Más detalles en Anexo 4.4.

87 Rundel (1981); Arroyo et al. (1993); Cowling et al. (2005), en Martínez-Tillería et al. (2017). Op. cit.

88 Holmgren et al. (2000); Armesto et al. (2007, 2010), en Martínez-Tillería et al. (2017). Op. cit.

89 Ministerio del Medio Ambiente (2014b). Op. cit.

90 Ministerio del Medio Ambiente (2014b). Op. cit.

91 Ministerio del Medio Ambiente (2018c). Cuarto Reporte del Estado del Medio Ambiente.

4.4.3.2 Otras designaciones para la conservación *in situ*

Además de las áreas protegidas existen otros instrumentos de conservación de espacios terrestres o acuáticos, como las Iniciativas de Conservación Privada (ICP); los Bienes Nacionales Protegidos (BNP); los Paisajes de Conservación (PC); los Sitios Prioritarios de la ENB y la Ley 19.300 (art. 11, letra d). Las Designaciones Internacionales de Protección, como las Reservas de la Biosfera y los humedales de relevancia internacional (Sitios Ramsar), que aún cuando no son consideradas áreas protegidas oficiales en nuestro país, son homologables a las categorías de áreas protegidas V o VI de UICN, razón por la cual fueron presentadas en la sección precedente.

En la actualidad se estima que en el país existen casi 400 áreas de protección fuera del SNASPE (sin contar las Designaciones Internacionales que suman otras 24 áreas), las que en conjunto suman una superficie aproximada de 16.000.000 ha (Cuadro 4.10). Las ICP son porciones de tierra de cualquier tamaño que: i) están gestionadas con el fin primordial de conservar la biodiversidad; ii) están protegidas con o sin reconocimiento formal del Estado, y iii) están gestionadas por, o a través de, personas individuales, comunidades, corporaciones u organizaciones no gubernamentales⁹². Sin tener una base legal, son iniciativas privadas que han sido catastradas el año 2013 por el proyecto conjunto de ASI Conserva Chile A.G., para el Proyecto MMA PNUD/GEF SNAP. En Chile se han registrado 232 ICP. Los BNP, con 58 unidades registradas en Chile, corresponden a bienes fiscales, que son protegidos a través del instrumento de autodestinación al Ministerio de Bienes Nacionales y que pueden ser concesionados con fines de conservación y desarrollo sustentable a instituciones privadas interesadas. Los PC, con sólo 2 unidades presentes en Chile, son territorios que poseen un patrimonio natural y valores culturales y paisajísticos asociados de especial interés regional o nacional para su conservación. Están delimitados geográficamente incorporando propiedad pública y/o privada, y son gestionados a través de un acuerdo de adhesión voluntaria entre los actores locales, en el cual se establecen objetivos explícitos para implementar una estrategia consensuada y efectiva de conservación y desarrollo, por medio de actividades que se fundamentan en la protección y puesta en valor del patrimonio, en la vulnerabilidad de este y en el mejoramiento de la calidad de vida de la población. Los Sitios Prioritarios para la Conservación de la Biodiversidad, tanto de la ENB como de la Ley 19.300, nacen de un trabajo realizado en cada una de las regiones de Chile, al amparo de los Comités Regionales de Biodiversidad, coordinados por la entonces CONAMA, entre los años 2001 y 2002. La gran mayoría de estas áreas de protección son de extensión pequeña y mediana, las cuales se consideran insuficientes como AP per se, pero su conjunto las hace complementarse y hacerlas útiles para los esfuerzos de conservación nacionales.

Cuadro 4.18 Otras designaciones de Áreas Protegidas en Chile		
Otras designaciones de AP en Chile	Nº	Superficie (ha)
Iniciativas de Conservación Privada (ICP)	232	1.255.341
Bien Nacional Protegido (BNP)	58	616.524
Paisaje de Conservación (PC)	2	0,1
Sitio Prioritario (Estrategia Regional de Biodiversidad)	266	9.575.763
Sitio Prioritario (Ley 19.300 art. 11, letra d)	64	4.606.974
Total	390	16.054.602
FUENTE: Elaboración propia a partir de datos obtenidos en julio 2019 desde el Registro Nacional de Áreas protegidas, http://areasprotegidas.mma.gob.cl		

Otro tipo de iniciativas de protección más específicas son por ejemplo aquellas desarrolladas en el marco de la ENB 2017-2030, para avanzar en la gestión y protección de humedales. Al 2018, se registraban 89 iniciativas de carácter permanente en este ámbito, 17 de ellas de alcance nacional y 72 de alcance regional. Las regiones con mayor cantidad de iniciativas en curso son las regiones de Atacama, Coquimbo, Metropolitana, y Los Lagos, con un total de siete iniciativas en cada región. Cabe mencionar que las actividades que contaban con mayor cantidad de iniciativas correspondían al fortalecimiento de la gobernanza local (15 iniciativas) y al fortalecimiento y armonización del marco legal (15 iniciativas), mientras que las menos hacían relación con la implementación del Plan Nacional de Restauración de Humedales, el levantamiento de información para establecer jerarquías de protección o para la mantención de redes de monitoreo⁹³.

4.4.4 Conservación *ex situ*

Las medidas de conservación *ex situ* se utilizan para aquellos casos en que el estado de conservación es crítico, o la conservación *in situ* es inviable. Estas acciones, que se desarrollan fuera de los sitios donde las especies se encuentran en estado natural, contemplan

⁹² Langholz & Krug (2003). Private protected area action plan: WPC Governance Stream, Parallel Session 2.5. World Parks Congress, Durban.

⁹³ Ministerio del Medio Ambiente (2018c). *Op. cit.*

desde el almacenamiento de recursos genéticos en bancos de germoplasma hasta los centros de especies de flora y fauna, como los jardines botánicos por ejemplo. Tienen como objetivo contar con muestras o especímenes de las especies para su conocimiento, estudio y reproducciones futuras.

Los bancos de germoplasma (Gene Banks, en inglés) son Centros para la conservación ex situ de recursos genéticos que funcionan bajo condiciones adecuadas para prolongar la vida del material conservado. Para operar adecuadamente y ser considerados como tales, los bancos de germoplasma deben contar con capacidad administrativa, financiera, técnica, tecnológica y de información permanente, que asegure su sostenibilidad⁹⁴. En Chile, estos centros de conservación han sido principalmente desarrollados por el Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA), quien desde su creación en 1964 mantiene y caracteriza germoplasma vegetal en el marco de los programas de mejoramiento genético de cultivos (e.g. arroz, avena, trigo, entre otros). Entre 1989 y 1995, con el apoyo de la Agencia Internacional de Cooperación del Japón, (JICA) y del Estado de Chile, INIA ejecutó un Proyecto de Conservación de Recursos Genéticos Vegetales cuyo principal producto fue la consolidación de bancos de germoplasma que permitieran la conservación ex situ, principalmente en forma de semillas, de los recursos genéticos vegetales del país¹⁵⁵.

Desde 2013, se formaliza en INIA la “Red de bancos de germoplasma”, conformada por cuatro bancos activos y un banco base de semillas, además de un banco microbiano donde se conserva la Colección Chilena de Recursos Genéticos Microbianos (CChRGM), sumándose en 2015 un banco activo y una base de papas que conserva una importante colección de papas nativas. Al presente se ha logrado recolectar alrededor de 2.000 muestras de semillas, correspondientes a 1.266 especies. De estas, un 67% son endémicas y el 33% restante nativas de Chile. Hay una fracción menor al 0,5% de especies introducidas. Del total conservado, un 39% corresponde a hierbas anuales y perennes, 36% a arbustos y 13% a geófitas, seguido de cactus, árboles y menor fracción de lianas y plantas parásitas. Una fracción no menor corresponde a especies amenazadas de extinción, como pacul (*Krameria cistoidea*), algarrobilla (*Balsamocarpus brevifolium*), dalea (*Dalea azurea*), garra de león (*Leontochir ovallei*) y azulillo (*Tecophylaea cyanocrocus*)⁹⁵. En lo que respecta a microorganismos (bacterias, microalgas y otros organismos unicelulares), existen colecciones de trabajo mantenidas en universidades, destacando la Universidad de Concepción, Universidad de Chile, Universidad de La Frontera y Universidad Austral. También hay una colección de microorganismos conservadas en el Instituto Forestal, INFOR. Estas colecciones se han creado en el marco de proyectos de investigación por lo que su conservación no se encuentra garantizada.

Otro de los instrumentos usados son los jardines botánicos. Estos se definen como colecciones de plantas vivas que difieren de otros jardines y parques porque están destinados a generar conocimiento sobre las plantas con el fin de apoyar su conservación y utilización en la agricultura, la horticultura y la floricultura⁹⁶. Sus propósitos fundamentales, según la definición de la Botanic Gardens Conservation International (BGCI) son: Rescatar el germoplasma amenazado; Producir material para la reintroducción en los hábitats degradados; Producir material para la investigación; Almacenar el germoplasma en diversas formas: bancos de semillas, colecciones de campo, bancos de germoplasma; Proveer material para múltiples propósitos con el fin de reducir la presión contra la recolección de plantas silvestres; y Disponer de material para los programas de educación⁹⁷. Además, los jardines botánicos cumplen un rol cultural y social, al ser una alternativa cercana para que las comunidades puedan tener acceso al descubrimiento y conocimiento de la flora.

En Chile existen alrededor de 15 jardines botánicos, entre oficiales (inscritos en la BGCI) y no oficiales, que cumplen con los propósitos antes descritos (Cuadro 4.11).

94 León Lobos et al. en “Conservación ex situ”, en Ministerio del Medio Ambiente (2018b). Op. cit.

95 León-Lobos et al. (2018). Ibid.

96 Teiller S, en “Jardines Botánicos”, en CONAMA (2008). Biodiversidad de Chile. Patrimonio y Desafíos. Santiago de Chile.

97 Celis A, en “El rol de los jardines botánicos en la conservación de la biodiversidad”, en Ministerio del Medio Ambiente (2018b). Op. cit.

Cuadro 4.19 Jardines botánicos en Chile	
Nombre del Jardín o Arboretum	Ciudad
Jardín Botánico de la Universidad Austral de Chile	Valdivia
Jardín Botánico Nacional	Viña del Mar
Arboretum de la Universidad Austral de Chile	Valdivia
Parque Botánico Hualpén	Concepción
Corporación Jardín Botánico Chagual	Santiago
Jardín Botánico de la Universidad de Talca	Talca
Jardín Botánico “Carl Skottberg”, Universidad de Magallanes	Punta Arenas
Proyecto Jardín Botánico de la Región de Atacama	Copiapó
Proyecto Jardín Botánico de la Serena	La Serena
Arboretum Antumapu de la Universidad de Chile	Santiago
Arboretum Frutillar de la Universidad de Chile	Frutillar
Jardín Mapulemu del Parque Metropolitano	Santiago
Jardín del Instituto del Desierto, Universidad de Antofagasta	Antofagasta

4.4.5 Restauración de ecosistemas

Considerando la progresiva tendencia a la pérdida de diversos paisajes forestales y formaciones xerofíticas en Chile, la sola integración de estos sistemas dentro de áreas protegidas no es un medio suficiente para resguardar su permanencia en el tiempo. En este contexto, se hace cada vez más necesaria una intervención activa que permita recuperar, al menos en parte, los ecosistemas degradados. A esto apunta la “Restauración Ecológica”, definida por la Ecological Society for Restoration como “el proceso de ayudar al restablecimiento de un ecosistema que se ha degradado, dañado o destruido”. La restauración ecológica de un ecosistema promueve reestablecer las funciones (procesos), integridad (composición de especies y estructura comunitaria) y capacidad de resistir a futuras perturbaciones (persistencia y resiliencia)⁹⁸.

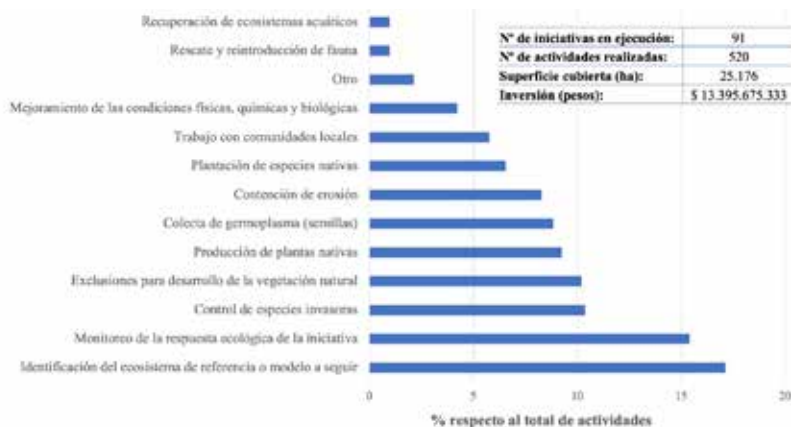
El 2017 se constituye en Chile el Comité Nacional de Restauración Ecológica, cuya tarea es asesorar al MMA en la definición de acciones y criterios para la restauración ecológica de las áreas de biodiversidad nativa; sugerir iniciativas o apoyar acciones tempranas que contribuyan a la restauración ecológica; y contribuir a la definición e implementación de un marco de trabajo de corto, mediano y largo plazo de las tareas de restauración⁹⁹. Según la base de datos del Registro Nacional de Restauración Ecológica, se contabilizan en la actualidad un total de 91 iniciativas en ejecución en distintas comunas del país, lo que corresponde a una superficie de 25.176 ha bajo programas de restauración y una inversión de \$13.395.675.333 pesos. Cabe notar que aunque contempladas como iniciativas de restauración, un alto porcentaje de las actividades contempladas corresponden a identificación del ecosistema de referencia, al monitoreo de la respuesta ecológica y al control de especies invasoras. Muchas menos actividades se realizan en el ámbito de la contención de la erosión; la plantación de especies nativas; el mejoramiento de las condiciones físicas, químicas y biológicas; la reintroducción de fauna; o la recuperación de sistemas acuáticos (Figura 4.5).

En cuanto a las fuentes de financiamiento de las iniciativas de restauración ecológica, un 56% proviene de fuentes públicas, un 37% de fuentes privadas, 4% de fondos concursables nacionales (e.g. Fondo de Protección Ambiental) y alrededor de un 3% de fuentes internacionales. El uso de suelo donde se realizan este tipo de iniciativas son principalmente bosque nativo, terreno silvícola y terreno mixto (Figura 4.6).

98 Ministerio del Medio Ambiente (2018b). *Op. cit.*

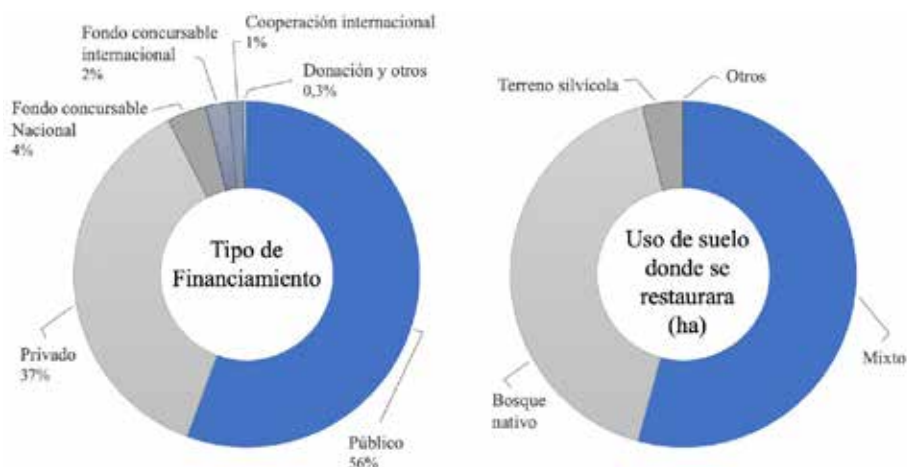
99 Comité Nacional de Restauración Ecológica (2018). Documento Marco Restauración Ecológica.

Figura 4.5 Actividades realizadas dentro de las iniciativas de Restauración Ecológica actualmente en ejecución (2019)



FUENTE: elaboración propia a partir de información obtenida en el portal de Restauración Ecológica del MMA, <http://restauracionecologica.mma.gob.cl/>

Figura 4.6 Tipo de financiamiento y uso de suelo para las iniciativas de Restauración Ecológica actualmente en ejecución (2019)



FUENTE: elaboración propia a partir de información obtenida en el portal de Restauración Ecológica del MMA, <http://restauracionecologica.mma.gob.cl/>

4.4.6 La percepción de los diversos actores

Aún cuando Chile ha logrado grandes avances hacia el conocimiento y la conservación de la biodiversidad, una gran parte de la población permanece ajena a estos temas, lo que denota una falencia en la efectividad con que el Estado y el mundo académico transfieren estos conocimientos hacia la población. Durante 2014 y 2015, el MMA realizó encuestas a nivel nacional sobre la percepción de los ciudadanos acerca de los principales problemas ambientales que nos afectan. Dentro de las respuestas obtenidas, nadie mencionó algún deterioro a la biodiversidad, al patrimonio natural o a la naturaleza como un fenómeno que le afecte directamente. Pese a ello, también en ambas encuestas, el 70% de los entrevistados declara haber visitado, al menos, una vez en su vida, un Parque Nacional, Santuario Natural o Reserva Nacional. Los resultados de estas encuestas demuestran que la protección de la biodiversidad no parece ser un tema suficientemente comprendido y del cual se sienta parte la mayoría de la población, lo que implica un desafío importante como país.

A nivel escolar y municipal, sin embargo, se ha observado un aumento en el número de establecimientos certificados por su gestión ambiental en el Sistema Nacional de Certificación Ambiental de Establecimientos Educativos (SNCAE) –en el caso de establecimientos educativos– y en el Sistema de Certificación Ambiental Municipal (SCAM) –en el caso de las Municipalidades–, incrementando los contenidos referidos a biodiversidad. Hasta abril de 2019, 857 colegios han obtenido un nivel de certificación de excelencia¹⁰⁰,

mientras que 51 municipalidades habían alcanzado este nivel en 2017¹⁰¹. Por otro lado, a través de la Fundación Sendero de Chile, se ha desarrollado el programa de “Comunicación, Educación y Conciencia Pública en Biodiversidad” (CEPA), que contempla actividades al aire libre en espacios representativos de la diversidad ecológica del país. El MNHN, por su parte, aporta con el programa “Museo a tu Comuna” (MUVACO), generando conciencia sobre la importancia de la biodiversidad y su conservación¹⁰², por nombrar algunas iniciativas ya instaladas institucionalmente y que involucran a la ciudadanía en forma activa.

En el ámbito de la participación de los pueblos indígenas en la conservación de la biodiversidad, la Corporación de Desarrollo Indígena (CONADI), ha implementado desde 2008 el “Programa de Protección del Medio Ambiente y Recursos Naturales”. El programa ha realizado estudios ambientales, además de capacitaciones y talleres, los cuales promueven las prácticas productivas sustentables. Por otro lado, el Ministerio de Salud (MINSAL) cuenta con el “Programa de Salud y Pueblos Indígenas” que opera en los Servicios de Salud, y tiene un enfoque intercultural, con el fin de rescatar los conocimientos tradicionales y el valor de los recursos naturales y la biodiversidad para su uso medicinal¹⁰³.

Las organizaciones de la sociedad civil, como las Organizaciones No Gubernamentales (ONG), fundaciones y otras, son un componente central en representar y canalizar los intereses de la sociedad civil en temas relacionados a la conservación de la biodiversidad. En las últimas décadas, han emergido numerosas ONGs locales como el Comité Nacional Pro Defensa de la Flora y Fauna (CODEFF); Ecoceanos; Defensores del Bosque Chileno; Fundaciom Terram, entre otras, y de influencia global, tales como Conservation International, The Nature Conservancy (TNC), World Wildlife Fund (WWF) Worldwide Fund for Nature, Oceana, World Resources Institute, entre otras (Zimmerer et al., 2004). Estos nuevos actores políticos internacionales jugarían un rol clave en la conservación ambiental, complementando las acciones de los sectores gubernamentales y de negocios y desarrollando funciones de carácter público, suministrando un amplio espectro de servicios que mejoran la calidad de vida de las comunidades donde se desempeñan.

En Chile, la mayor parte de lo que se sabe sobre el patrimonio biológico del país es producto de la actividad académica citar libro mio sobre patrimonio natural, sin embargo, la relación funcional de la ciencia chilena con la conservación de esta biodiversidad es menos clara. Esto sucede simplemente por una falta de interés de los biólogos en materias de conservación. Ello queda demostrado por la declinación en la construcción de taxonomías y los escasos incentivos. A pesar de lo anterior, comienza a darse un creciente interés de la academia y de los instrumentos tradicionales de financiamiento (FONDAP, Milenio, etc.) por desarrollar temas de biodiversidad y sustentabilidad, lo que ha dado nacimiento a varios centros y grupos de investigación enfocados en estos aspectos. Ejemplos de ellos son el Instituto Milenio de Ecología y Biodiversidad (IEB), el Centro de Ecología Aplicada y Sustentabilidad (CAPES), y el Núcleo Milenio de Conservación Marina, entre otros.

En el ámbito productivo, aunque siempre está la tendencia de que las iniciativas de conservación deriven en obstáculos al desarrollo del comercio y la producción, han sido los parámetros internacionales de la industria y los llamados de organismos externos, como la OCDE, quienes ejercen influencia para que las empresas nacionales se coloquen a la par con sus competidores del exterior, sobre todo del mundo desarrollado, en términos de tecnología y uso de los recursos. Sin duda, tanto en el ámbito privado como en la institucionalidad pública, falta integrar un enfoque ecosistémico, que considere la estructura, composición y funcionamiento de los ecosistemas en la definición de alcances y restricciones de su quehacer.

4.4.7 Avances para el conocimiento de la biodiversidad y desafíos pendientes

Una frase popularmente acuñada es que para poder proteger la naturaleza, primero es necesario conocerla. Esta premisa cobra vital importancia si se considera que aún se desconocen muchos de los factores que influyen en la biodiversidad y en sus interacciones. De hecho, incluso en una de sus expresiones más tangibles, la diversidad de especies, se estima que se desconocen entre un 80-85% del total de éstas¹⁰⁴. Para poder ser más efectivos en la conservación de la biodiversidad es necesario conocer más sobre ella.

Para avanzar en el conocimiento de la biodiversidad se necesita primordialmente más investigación y monitoreo a largo plazo. Sin embargo, también es necesario avanzar en la manera en que se transfiere el conocimiento a los tomadores de decisiones y la ciudadanía. La mayor parte de la información proveniente de la academia tiene un formato que no es fácil de obtener, conocer y comprender. En este aspecto el mundo académico se enfrenta al desafío de aprender a “traducir” la información generada a un lenguaje no técnico, mientras que el desafío para los organismos del Estado está en abrir más instancias de comunicación que permitan generar políticas públicas basadas en evidencia.

101 Ministerio del Medio Ambiente (2017b). Manual del Sistema de Certificación Ambiental Municipal.

102 Ministerio del Medio Ambiente (2014b). Op. cit.

103 Ministerio del Medio Ambiente (2014b). Op. cit.

104 Perspectiva Mundial sobre Diversidad Biológica (2001). Secretaría del Convenio sobre la Diversidad Biológica. Montreal.

En 2016, el MMA realizó un diagnóstico sobre el estado del arte en materia de información sobre biodiversidad. El diagnóstico señala que el principal motivo de colecta sistemática de datos e información sobre la materia en Chile guarda relación con el interés científico por parte de los propios investigadores, que en su mayoría pertenecen a instituciones académicas¹⁰⁵. Uno de los problemas que evidencia este diagnóstico es que un 55% de los datos sobre la biodiversidad terrestre se difunde primordialmente a través de publicaciones científicas y libros, y menos del 30% de los investigadores está dispuesto a poner sus datos a disposición de las instituciones estatales u ONG's, de forma espontánea o por solicitud. Estos datos hacen notar la urgencia de contar, a nivel país, con una red pública de datos biológicos, ecológicos y físicos, accesible y transparente, principalmente de aquellos que son frutos de investigaciones financiadas con recursos públicos.

Una red de datos públicos debería ser interoperable, confiable y verificable, de manera de permitir, de manera transversal, utilizar esta información para el conocimiento, uso sostenible y conservación del capital natural de Chile. Los potenciales beneficios de una red pública de datos basada en el análisis de los mismos para la toma de decisiones son enormes y variados, entre los cuales destacan: i) sistema de monitoreo de incendios forestales, ii) sistema de alerta de especies exóticas invasoras, iii) modelamiento de especies plaga, iv) mapas de cobertura vegetal actual y futura, v) identificación de especies o ecosistemas en riesgo, vi) proyecciones agrícolas en escenarios de cambio climático, vii) centros de origen y de diversidad genética, viii) identificación de áreas prioritarias para la conservación de la biodiversidad, ix) cálculo de indicadores sobre biodiversidad, x) monitoreo de servicios ecosistémicos, entre otros. En este contexto, el futuro Servicio de Biodiversidad y Áreas Protegidas debería cumplir un rol importante.

Por regla general, para financiar las investigaciones en Chile, tanto básicas como aplicadas, los investigadores y centros de investigación deben postular a proyectos concursables, principalmente financiados por fondos de organismos públicos, que en general son de duración acotada y no facilitan la consolidación de bases de datos de largo plazo, lo cual es necesario para los objetivos de política pública. En tal sentido, se requiere de formas de financiamiento que posibiliten las investigaciones de largo plazo, esenciales para el monitoreo de la biodiversidad. Ahora bien, para mejorar la investigación no basta con incrementar el financiamiento, sino también aumentar la cantidad de investigadores. Al respecto, Chile es el país de la OCDE con la menor proporción de personas dedicadas a investigación y desarrollo (I+D), con una proporción de 0,9 personas por cada 1.000 trabajadores. Casi todos los países OCDE superan los cuatro investigadores por cada 1.000 empleados, siendo el promedio OCDE de 7,6 y el promedio de Finlandia, país que cuenta con la mayor proporción de investigadores dedicados a I+D, de 15,9. Además de la disponibilidad de investigadores, se requiere estimular el interés por insertar a los investigadores en los distintos sectores (empresas, sector público, centros de investigación, academia, entre otros) para que puedan desempeñarse activamente abordando los problemas en las distintas esferas de la sociedad¹⁰⁶.

4.5 CONCLUSIONES

La biodiversidad es la base que sostiene la vida en la tierra, y tanto el bienestar presente como el futuro de los seres humanos, está directamente relacionado con ella. Durante la conferencia de las partes del Convenio de Diversidad Biológica –COP14 de biodiversidad–, llevada a cabo en 2018 en Egipto, se concluyó que “a pesar de las muchas medidas positivas adoptadas por las Partes y otros, la mayoría de las Metas de Aichi para la Diversidad Biológica no están bien encaminadas hacia su logro de aquí a 2020. Es decir, no estamos asegurando la adecuada gestión de la biodiversidad en la Tierra. Lo que, de no presentar avances significativos, pondrá en peligro el logro de la misión y la visión del Plan Estratégico para la Diversidad Biológica 2011-2020, los Objetivos de Desarrollo Sostenible y, en última instancia, los sistemas que sustentan la vida del planeta”¹⁰⁷.

Chile no es ajeno a este diagnóstico. Dadas las características geológicas, climáticas y topográficas de nuestro territorio, hacen de Chile una verdadera peculiaridad en cuanto a su diversidad de ecosistemas terrestres, marinos, costeros, glaciares, ríos, lagos, humedales y ecosistemas insulares, los que en su conjunto albergan cerca de 35 mil especies de plantas, animales, hongos y bacterias. A esto se suma, un alto grado de endemismo (30 a 40%), producto de la evolución aislada del resto del continente durante millones de años, debido a las barreras físicas y climáticas características del territorio chileno, y una diversidad genética que estamos recién empezando a cuantificar. Esta biodiversidad singular es un patrimonio de todos los chilenos, representa nuestro capital natural en el presente y para el futuro, por lo que su conocimiento, cuidado, valoración y uso sustentable son un tema de seguridad nacional que debe ser abordado con fuerza por la institucionalidad ambiental. Su protección debe ser prioritaria por ser un tema transversal que permite una mejor calidad de vida de todos los chilenos. Por ejemplo, nuestra biodiversidad es un importante capital para el desarrollo del turismo, que en países como Nueva Zelanda aporta más del 9% del PIB, un porcentaje similar al del cobre en Chile, recurso que está

105 MMA, CATIE, CTCN & ICRAF (2016). Diseño de una Red de Monitoreo de Biodiversidad y Cambio Climático. Santiago-Chile. 172 p.

106 Comisión Permanente del Pacífico Sur (2014). Estado del Medio Ambiente Marino y Costero del Pacífico Sudeste. Comisión Permanente del Pacífico Sur - CPPS. Guayaquil, Ecuador. Serie Estudios Regionales No. 4. 244 p.

107 CDB/ COP/14/L.2

en declinación y que a diferencia de la biodiversidad bien cuidada, no es renovable¹⁰⁸.

Para avanzar en la protección de la biodiversidad, falta aún mejorar su conocimiento. Según la información recopilada en este informe, en Chile se han descrito alrededor de 35.116 especies nativas, alrededor de 3.000 más de lo informado en 2015. Este aumento se debe en parte a la descripción de nuevas especies, pero también a cambios taxonómicos, reevaluaciones y reinterpretación de datos. Aún así, se estima que faltaría un 90% de especies “chilenas” por descubrir, las que probablemente, en más de un 50 por ciento, corresponderían a artrópodos. La falta de especialistas en taxonomía y el declive del financiamiento para la ciencia básica son sin duda factores importantes. Y no solo la descripción de las especies es necesaria, también se necesita avanzar en el conocimiento de sus características poblacionales, su distribución geográfica, sus preferencias de hábitats, sus amenazas, etc. En este contexto se destacan los esfuerzos realizados por el Reglamento de Clasificación de Especies según su Estado de Conservación (RCE), el cual ya va en su proceso 16. Aún así, sólo un 3,3 % de total de especies conocidas en Chile han sido clasificadas y validadas por el RCE, y existen grupos para las cuales prácticamente no se tiene información.

Entre las principales amenazas a la biodiversidad se encuentran: 1) la pérdida y degradación de hábitats, dada principalmente por el cambio de uso de suelo; 2) la contaminación de flora, fauna, suelo, aire y aguas por diversos elementos y compuestos químicos pesados, además de hidrocarburos, pero también por biocidas y hormonas; 3) la sobreexplotación de recursos, principalmente de recursos marinos pelágicos y bentónicos; 4) las especies exóticas invasoras, para las cuales 1.170 han sido registradas en Chile, incluyendo especies altamente dañinas como el castor, la avispa chaqueta amarilla, el conejo, entre otros; y 5) el cambio climático. Todas estas amenazas actúan en conjunto y de forma sinérgica, por lo cual no pueden ser estudiadas ni enfrentadas de manera aislada, sino que de manera global.

En cuanto a la respuesta del Estado ante estas presiones para la biodiversidad, motivada principalmente con los compromisos internacionales en esta materia, se destacan los esfuerzos realizados en la actualización de la Estrategia Nacional de Biodiversidad 2017-2030 y sus planes de acción asociados (Áreas Protegidas, Conservación de Especies Nativas, Conservación de Humedales, Gestión de Especies Exóticas Invasoras, Conservación Marina y de Islas oceánicas). Sin embargo, esta estrategia y sus planes solo recién han sido aprobados, o están en vías de aprobación, por lo que los resultados de su implementación se verán en los próximos años. Se destacan también los esfuerzos en materia de legislación respecto al Cambio Climático, los que incluyen la Estrategia Nacional y su Plan de Acción, los Planes Sectoriales (Biodiversidad, Silvoagropecuaria, Salud, Pesca y Acuicultura, Ciudades) y un proyecto de Ley de Cambio Climático que está actualmente en preparación para ser presentado al Congreso Nacional. En esta misma línea, Chile ha manifestado su interés en comprometerse con la “acción climática” de manera activa, al convertirse en la sede de la próxima Conferencia de las Partes de la Convención Marco de Cambio Climático (COP 25), a realizarse en Chile en diciembre de este año.

Sin embargo, aún existe una deuda mayor de la institucionalidad ambiental, cual es la falta de un Servicio capaz de gestionar la biodiversidad en todo nuestro territorio, que articule a todos los sectores en torno al desafío común de dar protección y uso sustentable a la misma. La biodiversidad no reconoce fronteras políticas internas, y su gestión tanto a nivel terrestre, marino y dulceacuicola debe tener la misma mirada territorial e integradora para tener éxito. La gestión de la biodiversidad requerirá el empleo de una amplia gama de instrumentos, entre los que se encuentran las áreas protegidas, el pago por servicios ecosistémicos y el banco de compensaciones de biodiversidad. Quienes nos llevan la delantera en estos temas, y de los cuales hemos podido seguir de cerca sus avances en legislación ambiental son México, Costa Rica, Colombia y Perú. Ellos nos demuestran que un conocimiento y sistematización de la información sobre biodiversidad del país y herramientas que permitan gestionarla para maximizar su potencial, constituyen medios eficaces, no solo para la conservación de la biodiversidad, sino también para el uso sustentable de ella y el desarrollo socio-económico de los países. Para esto, es necesario fortalecer y articular la relación entre los científicos y los tomadores de decisión, e incorporar el Servicio público mencionado al instrumental del Ejecutivo¹⁰⁹. En este contexto, urge la aprobación del proyecto de ley que crea el Servicio de Biodiversidad y Áreas Protegidas, el cual debería integrar estas necesidades, considerando las particularidades de la biodiversidad de nuestro país.

4.6 BIBLIOGRAFÍA

- Alaniz A, Galleguillos M & Pérez-Quezada, J (2016). Chile: Assessment of quality of input data used to classify ecosystems according to the IUCN Red List methodology: The case of the central Chile hotspot. *Biological conservation*. Part B, 204: 378-385.
- Artigas, J (1975). Introducción al estudio por computación de las áreas zoogeográficas de Chile continental basado en la distribución de 903 especies de animales terrestres. *Gayana Miscelánea*, N° 4, pp. 1-25
- Araya B & Bernal M (1995). Aves. En *Diversidad biológica de Chile* (J.A. Simonetti, M.T.K. Arroyo, A.E. Spotorno & E. Lozada, editores). CONICYT, Santiago, pp. 350-360.
- Bachmann P, de la Barrera M & Tironi A (2014). Recopilación y sistematización de información relativa a estudios de evaluación, mapeo y valorización de servicios ecosistémicos en Chile. Reporte para el Ministerio del Medio Ambiente.

108 Extraído de la carta escrita por cuatro ganadores del Premio Nacional de Ciencias en Chile (Fabián Jaksic, Mary Therese Kalin, Juan Carlos Castilla, Bernabé Santelices) en apoyo a la aprobación del proyecto de Ley que crea el SBAP. <https://laderasur.com/>

109 Extraído de carta Premios Nacionales, *Ibid*.

- Bannister JR, Vidal OJ, Teneb E & Sandoval V (2012). Latitudinal patterns and regionalization of plant diversity along a 4270-km gradient in continental Chile. *Austral Ecology* 37, 500-509. Bustos L & Jaksic F (2017). Marco regulatorio aplicable al proceso de internación de especies exóticas a la república de Chile. Santiago, Chile, Ediciones CAPES-UC.
- Camus P & Jaksic F (2009). Piscicultura en Chile: entre la productividad y el deterioro ambiental 1856-2008. Ediciones Universidad Católica de Chile, Santiago, Chile. 100 pp.
- Cárdenas L, Hernández CE, Poulin E, Magoulas A, Kornfield I & Ojeda FP (2005) Origin, diversification and historical biogeography of the genus *Trachurus* (PERCIFORMES: CARANGIDAE). *Origin Molecular Phylogenetics and Evolution* 35: 496-507
- Charrier A, Coorea C, Castro C & Méndez MA (2015). A new species of *Alsodes* (Anura: Alsodidae) from Altos de Cantillana, Central Chile. *Zootaxa* 3915 (4): 540-550.
- Cione A, Tonni E, Bargo S, Bond M, Candela AM, Carlini A et al. (2007) Mamíferos continentales del Mioceno tardío a la actualidad en la Argentina: cincuenta años de estudios. *Asociación Paleontológica Argentina. Publicación especial 1. Ameghiniana 50 aniversario*: pp. 257-278.
- Cofré HL, Samaniego H & Marquet PA (2007). Rarity and Richness patterns of small mammals in Mediterranean and Temperate Chile: pp.275-302. En Kelt, D.A., Lessa, E., Salazar-Bravo, J.A., & Patton, J.L. (Eds). *The quintessential naturalist: honouring the life and legacy of Oliver P. Pearson*. California, USA: University of California, Publications in Zoology Series.
- Comisión Permanente del Pacífico Sur (2014). Estado del Medio Ambiente Marino y Costero del Pacífico Sudeste. Comisión Permanente del Pacífico Sur - CPPS. Guayaquil, Ecuador. Serie Estudios Regionales No. 4. 244 p.
- Comité Nacional de Restauración Ecológica (2018). Documento Marco Restauración Ecológica.
- Comité Operativo para el Control de las Especies Exóticas Invasoras, COCEI (2014) Estrategia Nacional Integrada para la Prevención, el Control y/o Erradicación de las Especies Exóticas Invasoras. Ministerio del Medio Ambiente. Santiago. 26 p.
- CONAF (2017). El gran incendio de Chile de 2017, descripción e impactos. <http://www.conaf.cl/>
- CONAMA (2006). Biodiversidad de Chile, Patrimonio y Desafíos.
- CONAMA (2008). Biodiversidad de Chile, Patrimonio y Desafíos.
- CONAMA-Centro de Ecología Aplicada (2006). Protección y manejo sustentable de Humedales integrados a la cuenca hidrográfica.
- CONAMA-CONAF-BIRF (1999). Catastro y evaluación de los recursos vegetacionales nativos de Chile: Informe nacional con variables ambientales. Santiago, Chile.
- Conservation International (2005). Hotspots revisited: Earth's Biologically Richest and Most Endangered Terrestrial Ecoregions. Editado por CEMEX y Conservación Internacional.
- Contreras A & Castro I (2008). Catálogo de variedades de papas nativas de Chile. Valdivia, Chile.
- Contreras ER, Pizarro M, Köhler H, Zamora P & Zúñiga G (2019). UV-B shock induces photoprotective flavonoids but not antioxidant activity in Antarctic *Colobanthus quitensis* (Kunth) Bartl. *Environmental and Experimental Botany*, 159:179-190.
- Contreras LC & Yáñez JL (1995). Mamíferos. En *Diversidad biológica de Chile* (J.A. Simonetti, M.T.K. Arroyo, A.E. Spotorno y E. Lozada, editores). CONICYT, Santiago, pp. 336-349.
- Cuvertino J, Ardiles V, Osorio F & Romero X (2012). New records and additions to the Chilean bryophyte flora. *Cien. Inv. Agr.* 39(2):245-254.
- De Groot RS, Wilson M & Boumans R (2002). A typology for the classification, description and valuation of ecosystem functions, goods and services. *Ecological Economics* 41:393-408.
- Di Castri F (1968). *Biologie de l'Amerique Australe*. 4. Esquisse écologique du Chili. CNRS, Paris.
- Díaz S, Demissew S, Carabias J, Joly C, Lonsdale M, Ash N, Larigauderie A et al. (2015). "The IPBES Conceptual Framework - Connecting Nature and People." *Current Opinion in Environmental Sustainability* 14: 1-16
- Dinerstein E, Olson D, Graham D, Webster A, Primm S, Bookbinder M & Ledec G (1995). Una Evaluación del Estado de Conservación de las Ecorregiones Terrestres de América Latina y el Caribe. Banco Mundial. Washington DC, USA.
- Dring MJ (1982). *The biology of marine plants (Contemporary biology)*. London: Edward Arnold Publishers. (Citado en Ministerio del Medio Ambiente 2018)
- Durán A, Casalegno S, Marquet P & Gaston K (2013). Representation of ecosystem services by terrestrial protected areas: Chile as a case study. *PLoS ONE* 8(12): e82643.
- Ecosistemas y Bienestar Humano: Marco para la Evaluación (2003). Informe del Grupo de Trabajo sobre Marco Conceptual de la Evaluación de Ecosistemas del Milenio
- Estrategia Nacional de Biodiversidad (2017-2030), Ministerio del Medio Ambiente.
- Estrategia Nacional de Cambio Climático y Recursos Vegetales (2016). CONAF y Ministerio de Agricultura.
- Estrategia Nacional de Recursos Hídricos 2012-2025 (2013). Ministerio de Obras Públicas.
- Fernández I, Morales N, Olivares L, Salvatierra J, Gómez M & Montenegro G (2010). Restauración ecológica para ecosistemas nativos afectados por incendios forestales, Santiago, Chile: PUC-Gobierno de Chile.
- Ferrada S, Hernandez, Montoya K & Galleguillos R (2002) Estudio poblacional del recurso anchoveta (*Engraulis ringens*, Jenyns 1842) (clupeiformes, engraulidae), mediante análisis de ADN. *Gayana (Concepc.)*, vol.66, no.2, p.243-248.
- Figueroa E (2010). Valorización Económica Detallada de las Áreas Protegidas. Proyecto GEF SNAP "Creación de un Sistema Nacional Integral de áreas protegidas". Santiago, Chile.
- Formas JR (1995). Anfibios. En: *Diversidad biológica de Chile* (Simonetti JA, Arroyo MTK, Spotorno AE & Lozada E, eds.), pp. 314-325. CONICYT, Santiago.
- Fuentes ER, Montenegro G, Rundel PW, Arroyo MTK, Ginocchio R & FM Jaksic (1995). Functional approaches to biodiversity in the mediterranean-type ecosystems of central Chile. En *Mediterranean-type ecosystems: the function of biodiversity* (G.W. Davis y D.M. Richardson, editores). Springer-Verlag, Berlin, pp. 185-232.
- Gajardo R (1994) La vegetación natural de Chile, Clasificación y distribución geográfica, Editorial Universitaria, Santiago.
- Galleguillos R, Troncoso L, Monsalves J & Oyarzun C (1997). Diferenciación poblacional en la sardina chilena *Strangomera bentincki* (Pisces: Clupeidae). *Revista Chilena de Historia Natural*. 70: 351-361.
- Garilleti (2012). New *Ulota* species with multicellular spores from southern South America. *The Bryologist* 115(4): 585-600.
- Garilleti (2015). *Ulota larrainii* (Orthotrichoideae, Orthotrichaceae, Bryophyta) a new species from Chile, with comments on the worldwide diversification of the genus. *Phytotaxa* 217(2): 133-144.
- González A, Beltrán J, Hiriart-Bertrand L, Flores V, de Reviers B, Correa JA & Santelices B (2012). Identification of cryptic species in the *Lessonia nigrescens* complex (Phaeophyceae, Laminariales). *Journal of Phycology* 48: 1153-1165.
- González ME, Lara A, Urrutia R & Bosnich J (2011). Cambio climático y su impacto potencial en la ocurrencia de incendios forestales en la zona centro-sur de Chile (33° - 42° S). *Bosque (Valdivia)*, 32(3), 215-219.
- Guillemin ML, Contreras-Porcia L, Tamirez ME, Macaya E, Bulboa C, Woods H, Wyatt C & Brodie J (2016) The bladed Bangiales (Rhodophyta) of the South Eastern Pacific: Molecular species delimitation reveals extensive diversity. *Molecular Phylogenetics and Evolution* 96: 814-826

- Habit E, Dyer B & Vila I (2006). Estado de conocimiento de los peces dulceacuícolas de Chile. *Gayana* 70: 100-113
- Habit E, González J, Ortiz-Sandoval J, Elgueta A & Sobenes C (2015). Efectos de la invasión de salmónidos en ríos y lagos de Chile. *Ecosistemas* 24(1): 43-51.
- Halpern B, Longo C, Hardy D, McLeod K, Samhouri J, Katona S et al. (2012). An index to assess the health and benefits of the global ocean. *Nature*, 488: 615-620
- Holmgren M, Stapp P, Dickman C, Gracia C, Graham S, Gutiérrez J, Hice C et al. (2006) Extreme climatic events shape arid and semiarid ecosystems. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 4: 87-95.
- Huber & Trecaman (2004). Eficiencia del uso del agua en plantaciones de *Pinus radiata* en Chile. *Bosque* 25(3): 33-43.
- IPBES (2019). Global assessment report on biodiversity and ecosystem services of the Intergovernmental Science- Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services. E. S. Brondizio, J. Settele, S. Díaz, and H. T. Ngo (Eds.). IPBES Secretariat, Bonn, Germany
- IPCC (2013). Cambio Climático 2013: Base de ciencia física. Afirmaciones principales del Resumen para responsables de políticas.
- IPCC (2018). Global Warming of 1.5°C. Summary for Policymakers.
- Ireland (2017). Studies on the moss flora of the Bío-Bío Region of Chile: Part 3. *PhytoKeys* 77:1-20
- Jaksic FM (1998) Vertebrate invaders and their ecological impacts in Chile. *Biodiversity and Conservation*, 7:1427-1445.
- Jaksic FM & Castro S (2014). Invasiones biológicas en Chile: causas globales e impactos locales. Ediciones Universidad Católica, Santiago, Chile, pp 526.
- Jaksic FM & Jiménez JE (1986). The conservation status of raptors in Chile. *Birds of Prey Bulletin*, N° 3, pp. 95-104.
- Jürgensen PM & León-Yáñez S (1999). Catalogue of the vascular plants of Ecuador. *Monographs in Systematic Botany of the Missouri Botanical Garden* 75: 1-1182.
- Langholz J & Krug (2003). Private protected area action plan: WPC Governance Stream, Parallel Session 2.5. World Parks Congress, Durban.
- Larraín J (2016). The mosses (Bryophyta) of Capitán Prat Province, Aisén Region, southern Chile. *PhytoKeys* 68:91-116
- Las Áreas Protegidas de Chile (2015). Ministerio del Medio Ambiente.
- Leuschner C (2013). Vegetation and ecosystems. En: *Vegetation ecology*, second edition (van der Maarel E & Franklin J, eds.), pp. 285-307. Blackwell Science, Oxford.
- Lobos G, Vidal M, Correa C, Labra A, Díaz-Páez H, Charrier A, Rabanal F, Díaz S & Tala C (2013). Anfibios de Chile, desafíos para la conservación. Ministerio del Medio Ambiente, Fundación Facultad de Ciencias Veterinarias y Pecuarias de la Universidad de Chile y Red Chilena de Herpetología.
- Lowe S, Browne M, Boudjelas S & De Poorter M (2004). 100 de las Especies Exóticas Invasoras más dañinas del mundo. Una selección del Global Invasive Species Database. Grupo Especialista de Especies Invasoras (GEEI), Comisión de Supervivencia de Especies (CSE) de la Unión Mundial para la Naturaleza (UICN).
- Luebert F & Plissock P (2006). Sinopsis bioclimática y vegetacional de Chile. Editorial Universitaria, Santiago.
- Luebert F & Plissock P (2017). Sinopsis bioclimática y vegetacional de Chile. Segunda edición. Editorial Universitaria, Santiago.
- Macaya E & Zuccarello G (2010a). Genetic structure of the giant kelp *Macrocystis pyrifera* along the south-eastern Pacific. *Marine Ecology Progress* 420:103-112
- Macaya E & Zuccarello G (2010b). DNA barcoding and genetic diagnosis in the giant kelp *Macrocystis* (Laminariales). *J. Phycol* 46: 736-724
- Mack R, Simberloff D, Lonsdale W, Evans H, Clout M & Bazzaz F (2000). Biotic Invasions: Causes, epidemiology, global consequences and control. *Ecological Applications* 10, 689-710.
- Malo J, González B, Mata C, Vielma A, Donoso D, Fuentes N & Estades C (2015). Low habitat overlap at landscape scale between wild camelids and feral donkeys in the Chilean desert. *Acta Oecologica* 70: 1-9.
- Marquet P, Abades S, Armesto J, Barria I, Arroyo MTK, Cavieres L, Gajardo R, Garín C, Labra F, Meza F, Prado C, Ramírez de Arellano P & Vicuña S (2010). Vulnerabilidad de la biodiversidad terrestre en la ecoregión mediterránea, a nivel de ecosistemas y especies, y medidas de adaptación frente a escenarios de cambio climático. IEB, Chile.
- Marquet P, Valladares F, Magro S, Gaxiola A & Enrich-Prast A (2018). Cambio global, una mirada desde Iberoamérica. ACCI ediciones con Fundación Española de Historia Moderna. Madrid, España, pp 276.
- Martínez-Tillería K, Núñez-Ávila M, León C, Plissock P, Squeo F & Armesto J (2017). A framework for the classification Chilean terrestrial ecosystems as a tool for achieving global conservation targets. *Biodivers Conserv* 26: 2857-2876
- Millanao A, Barrientos M, Gómez C, Tomova A, Bischmann A, Dölz H & Cabello F (2011). Uso inadecuado y excesivo de antibióticos: salud pública y salmonicultura en Chile. *Rev. Méd. Chile* 139, 107-118.
- Miller S, Rottmann J, Raedeke KJ & Taber RD (1983). Endangered mammals of Chile: status and conservation. *Biological Conservation*, N° 25, pp. 335-352.
- Ministerio de Energía (2015). Medición del consumo nacional de leña y otros combustibles sólidos derivados de la madera.
- Ministerio del Medio Ambiente - Centro de Ecología Aplicada (2011). Diseño del inventario nacional de humedales y el seguimiento ambiental. Ministerio de Medio Ambiente. Santiago. Chile. 164 pp.
- Ministerio del Medio Ambiente (2014a). Plan de adaptación al cambio climático en biodiversidad. Elaborado en el marco del PANCC y de la actualización de la Estrategia Nacional de Biodiversidad. Santiago, Chile. 95p.
- Ministerio del Medio Ambiente (2014b). Quinto Informe Nacional de Biodiversidad de Chile ante el Convenio sobre la Diversidad Biológica (CBD). Ministerio del Medio Ambiente. Santiago, Chile, 140 pp.
- Ministerio del Medio Ambiente (2015). Las Áreas Protegidas de Chile.
- Ministerio del Medio Ambiente (2016a). Clasificación de ecosistemas marinos chilenos de la zona económica exclusiva. Ministerio del Medio Ambiente (2016). Clasificación de ecosistemas marinos chilenos de la zona económica exclusiva.
- Ministerio del Medio Ambiente (2016b). Informe del Estado del Medio Ambiente
- Ministerio del Medio Ambiente (2017a). Estrategia Nacional de Biodiversidad (2017-2030).
- Ministerio del Medio Ambiente (2017b). Manual del Sistema de Certificación Ambiental Municipal.
- Ministerio del Medio Ambiente (2018a). Biodiversidad de Chile. Patrimonio y Desafíos. Tercera Edición. Tomo I 430 páginas. Santiago de Chile.
- Ministerio del Medio Ambiente (2018b). Biodiversidad de Chile. Patrimonio y Desafíos. Tercera Edición. Tomo II 264 páginas. Santiago de Chile.
- Ministerio del Medio Ambiente (2018c). Cuarto Reporte del Estado del Medio Ambiente.
- Ministerio del Medio Ambiente, CATIE, CTCN & ICRAF (2016). Diseño de una Red de Monitoreo de Biodiversidad y Cambio Climático. Santiago-Chile. 172 p.
- Mittermeier RA, Turner W, Larsen F, Brooks T & Gascon C (2011). Global biodiversity conservation: the critical role of hotspots. En: *Biodiversity hotspots* (Zachos F & Habel J, eds.), pp. 3-22. Springer Berlin Heidelberg.
- Mora C, Tittenson D, Adl S, Simpson A & Worm B (2011). How many Species are there on Earth and in the Ocean? *PLoS Biology* 9(8), e1001127.
- Morlans (2010). Contaminación Difusa en Acuíferos: Estudio de Caso en la Comuna de Colina, Región Metropolitana. Memoria para optar al título de Ingeniera Civil. Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de Chile. Santiago, Chile.

- Muñoz AE, Arellano E & Bonacic C (2016). Manual de Conservación de Biodiversidad en Predios Agrícolas de Chile Central. Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal, Pontificia Universidad Católica de Chile, 124 pp.
- Nahuelhual L, Laterra P & Barrera J (2015). Recopilación de información de indicadores de servicios ecosistémicos a nivel nacional e internacional. Reporte para el Ministerio de Medio Ambiente de Chile.
- Neill PE, Alcalde O, Faugeron S, Navarrete S & Correa J (2006). Invasion of *Codium fragile* ssp. *tomentosoides* in northern Chile: A new threat for *Gracilaria* farming. *Aquaculture* 259: 202-2010.
- Núñez D (2004). Valoración económica del servicio ecosistémico de producción de agua, del bosque de la cuenca de Llancahue, Décima región. Tesis para optar al título de Magíster en Desarrollo Rural. Universidad Austral de Chile. Valdivia, Chile. 152p.
- Núñez L & Santero C (1990) Primeros poblamientos en el cono sur de América (XII-IX milenio AP). *Revista de arqueología Americana* N° 1 pp.91-139.
- Olson D, Dinerstein E, Canevari P, Davidson I, Castro G, Morriset V, Abell V & Toledo E (1998). Freshwater biodiversity of Latin America and the Caribbean: A conservation assessment. Washington, DC (USA) Biodiversity Support Program.
- Olson, DM & Dinerstein, E (2002). The Global 200: Priority ecoregions for global conservation. *Annals of the Missouri Botanical Garden* 89(2):199-224.
- Parra MJ, Rodríguez R, Cavieres L, Muñoz-Tapia L & Atala C (2015). Latitudinal patterns in pteridophyte distribution of continental Chile. *Gayana* 72:47-57
- Perspectiva Mundial sobre Diversidad Biológica (2001). Secretaría del Convenio sobre la Diversidad Biológica. Montreal.
- Plan de Acción Nacional de Cambio Climático, PANCC 2017-2022. Gobierno de Chile.
- Plischoff P (2015). Aplicación de los criterios de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN) para la evaluación de riesgo de los ecosistemas terrestres de Chile. Informe Técnico elaborado por Patricio Plischoff para el Ministerio del Medio Ambiente. 63 p. Santiago, Chile.
- PNUD (2009). Towards Ecosystem-Based Management of the Humboldt Current Large Marine Ecosystem.
- PNUD (2017a). Catálogo de las especies exóticas asilvestradas/naturalizadas en Chile. LIB, UDEC, Proyecto GEF/MMA/PNUD Fortalecimiento de los Marcos Nacionales para la Gobernabilidad de las Especies Exóticas Invasoras: Proyecto Piloto en el Archipiélago de Juan Fernández. Santiago de Chile.
- PNUD (2017b). Valoración económica del impacto de siete especies exóticas invasoras sobre los sectores productivos y la biodiversidad en Chile. Proyecto GEF/MMA/PNUD Fortalecimiento de los Marcos Nacionales para la Gobernabilidad de las Especies Exóticas Invasoras: Proyecto Piloto en el Archipiélago de Juan Fernández. Santiago de Chile.
- Ramírez, ME (1995). Algas Marinas Bentónicas. En: *Diversidad Biológica de Chile* (Simonetti JA, Arroyo MTK; Spotorno A & Lozada E (eds), pp.38-47. CONICYT, Chile.
- Rodríguez R, Marticorena C, Alarcón D, Baeza C, Cavieres L, Finot V, Fuentes N, et al. (2018). Catálogo de las plantas vasculares de Chile. *Gayana Botánica* 75(1): 1-430
- Ruiz de Gamboa (2016). Lista actualizada de los reptiles de Chile. *Boletín Chileno de Herpetología* 3: 7-12
- Salazar A, Baldi G, Hirota M, Skytus J & McAlpine C (2015). Land use and land cover change impacts on the regional climate of non-Amazonian South America: A review. *global and planetary change* 128: 103–119.
- Samaniego H & Marquet PA (2009). Mammal and butterfly species richness in Chile: taxonomic covariation and history. *Revista Chilena de Historia Natural* 82, 135-151.
- Santibañez F, Santibañez P, Caroca C, González P, Gajardo N, Pery P, Simonetti J & Plischoff P (2013). Plan de acción para la protección y conservación de la biodiversidad, en un contexto de adaptación al cambio climático. MMA-Facultad de Ciencias Agronómicas Universidad de Chile; Santiago, 224 p.
- Schulz J, Cayuela L, Echeverría C, Salas J & Rey Benayas JM (2010). Monitoring land cover change of the dryland forest landscape of Central Chile (1975–2008). *Applied Geography* 30(3), 436-447.
- Searle & Rovira (2008). "Cambio Climático y Efectos en la Biodiversidad: el caso chileno". En: *Biodiversidad de Chile. Patrimonio y Desafíos*. CONAMA 2008, 502-505.
- Simonetti JA, Arroyo MTK, Spotorno AE & Lozada E (1995). *Diversidad biológica de Chile*, CONICYT, Santiago, Chile
- Simonetti, JA (2002). *Diversidad biológica*. En: *Estado del medio ambiente en Chile* (Gligo, N, ed.), pp. 161-195. LOM Ediciones, Santiago.
- Spalding M, Fox H, Allen G, Davidson N, Ferdana Z, Finlayson M et al. (2007). Marine ecoregions of the world: a bioregionalization of coastal and shelf areas. *BioScience* 57 (7), 573–583.
- SUBPESCA (2018). Estado de situación de las principales pesquerías chilenas, año 2018.
- Sullivan K & Bustamante G (1999). Setting geographic priorities for marine conservation in Latin America and the Caribbean. The Nature Conservancy, Arlington, VA (USA).
- UNEP-WCMC (2015). Manual de Usuario 1.4 de la Base de Datos Mundial sobre Áreas Protegidas.
- Universidad de Chile (1999). Informe País, Estado del Medio Ambiente en Chile.
- Universidad de Chile (2005). Informe País, Estado del Medio Ambiente en Chile. GEO Chile.
- Universidad de Chile (2008). Informe País, Estado del Medio Ambiente en Chile. GEO Chile.
- Universidad de Chile (2012). Informe País, Estado del Medio Ambiente en Chile. GEO Chile.
- Universidad de Chile (2015). Informe País, Estado del Medio Ambiente en Chile. Comparación 1999-2015.
- Universidad de los Lagos (2006). Caracterización Genética de los Principales Recursos Pesqueros de Chile. Informe final corregido Proyecto FIP 2006-52. Laboratorio de Genética & Acuicultura, Osorno. 243 pág.
- Veloso A, Ortiz JC, Navarro J, Núñez H, Espejo P & Labra MA (1995). Reptiles. En: *Diversidad biológica de Chile* (Simonetti JA, Arroyo MTK, Spotorno AE & Lozada E, eds.), pp.326-335. CONICYT, Santiago.

4.7 ANEXOS

Anexo 4.1 Los 127 ecosistemas terrestres de Chile continental según Pliscoff & Luebert.	
Ecosistemas terrestres zonales	Superficie remanente (km ²)
Desierto absoluto	56.722
Desierto tropical interior con vegetación escasa	56.722
Dunas de aerófitos	381
Dunas tropicales costeras de Tillandsia landbeckii - T. marconae	381
Herbazal efímero	732
Herbazal efímero tropical costero de Nolana adansonii - N. lycioides	732
Matorral desértico	68.318
Matorral desértico tropical interior de Malesherbia auristipulata - Tarasa operculata	529
Matorral desértico tropical interior de Atriplex atacamensis - Tessaria absinthioides	8.484
Matorral desértico tropical costero de Nolana sedifolia / Eulychnia iquiquensis	1.288
Matorral desértico tropical-mediterráneo costero de Ephedra breana / Eulychnia iquiquensis	3.051
Matorral desértico mediterráneo costero de Copiapo boliviana - Heliotropium pycnophyllum	1.222
Matorral desértico mediterráneo costero de Gypothamnium pinifolium - Heliotropium pycnophyllum	808
Matorral desértico mediterráneo costero de Euphorbia lactiflua / Eulychnia iquiquensis	709
Matorral desértico mediterráneo costero de Euphorbia lactiflua / Eulychnia saintpieana	1.668
Matorral desértico mediterráneo interior de Oxyphyllum ulicinum - Gymnophyton foliosum	2.790
Matorral desértico mediterráneo costero de Heliotropium floridum - Atriplex clivicola	1.253
Matorral desértico mediterráneo costero de Oxalis virgosa / Eulychnia breviflora	691
Matorral desértico tropical-mediterráneo interior de Skytanthus acutus - Atriplex desérticola	16.073
Matorral desértico tropical interior de Huidobria chilensis - Nolana leptophylla	1.256
Matorral desértico mediterráneo costero de Oxalis virgosa - Heliotropium stenophyllum	2.491
Matorral desértico mediterráneo interior de Adesmia argentea - Bulnesia chilensis	12.361
Matorral desértico mediterráneo interior de Heliotropium stenophyllum - Flourensia thurifera	3.953
Matorral desértico mediterráneo interior de Flourensia thurifera - Colliguaja odorifera	8.739
Matorral desértico mediterráneo costero de Bahía ambrosioides / Puya chilensis	952
Matorral bajo desértico	65.488
Matorral bajo desértico tropical interior de Adesmia atacamensis - Cistanthe salsoloides	23.454
Matorral bajo desértico tropical andino de Atriplex imbricata - Acantholippia desérticola	13.917
Matorral bajo desértico tropical interior de Nolana leptophylla - Cistanthe salsoloides	14.570
Matorral bajo desértico tropical andino de Atriplex imbricata	9.926
Matorral bajo desértico mediterráneo andino de Senecio proteus - Haplopappus baylahuen	3.621
Matorral espinoso	1.367
Matorral espinoso mediterráneo interior de Trevoa quinquenervia - Colliguaja odorifera	874
Matorral espinoso mediterráneo interior de Puya coerulea - Colliguaja odorifera	493
Bosque espinoso	9.511
Bosque espinoso tropical interior de Prosopis tamarugo / Tessaria absinthioides	429
Bosque espinoso tropical interior de Geoffroea decorticans - Prosopis alba	477
Bosque espinoso tropical andino de Browningia candelaris - Corryocactus brevistylus	2.129
Bosque espinoso mediterráneo interior de Acacia caven - Prosopis chilensis	1.156
Bosque espinoso mediterráneo andino de Acacia caven / Baccharis paniculata	478
Bosque espinoso mediterráneo costero de Acacia caven - Maytenus boaria	2.145

Bosque espinoso mediterráneo interior de <i>Acacia caven</i> - <i>Lithraea caustica</i>	2.697
Matorral esclerófilo	4.529
Matorral arborescente esclerófilo mediterráneo costero de <i>Peumus boldus</i> - <i>Schinus latifolia</i>	1.465
Matorral arborescente esclerófilo mediterráneo interior de <i>Quillaja saponaria</i> / <i>Porlieria chilensis</i>	3.064
Bosque esclerófilo	21.283
Bosque esclerófilo mediterráneo andino de <i>Kageneckia angustifolia</i> / <i>Guindilia trinervis</i>	4.546
Bosque esclerófilo mediterráneo costero de <i>Cryptocarya alba</i> - <i>Peumus boldus</i>	4.220
Bosque esclerófilo mediterráneo costero de <i>Lithraea caustica</i> - <i>Cryptocarya alba</i>	2.623
Bosque esclerófilo mediterráneo andino de <i>Quillaja saponaria</i> - <i>Lithraea caustica</i>	2.921
Bosque esclerófilo mediterráneo costero de <i>Lithraea caustica</i> - <i>Azara integrifolia</i>	2.138
Bosque esclerófilo mediterráneo interior de <i>Lithraea caustica</i> - <i>Peumus boldus</i>	3.116
Bosque esclerófilo mediterráneo andino de <i>Lithraea caustica</i> - <i>Lomatia hirsuta</i>	1.001
Bosque esclerófilo psamófilo mediterráneo interior de <i>Quillaja saponaria</i> / <i>Fabiana imbricata</i>	718
Bosque caducifolio	59.487
Bosque caducifolio mediterráneo costero de <i>Nothofagus macrocarpa</i> / <i>Ribes punctatum</i>	881
Bosque caducifolio mediterráneo interior de <i>Nothofagus obliqua</i> - <i>Cryptocarya alba</i>	1.801
Bosque caducifolio mediterráneo andino de <i>Nothofagus obliqua</i> - <i>Austrocedrus chilensis</i>	3.643
Bosque caducifolio mediterráneo costero de <i>Nothofagus glauca</i> - <i>Azara petiolaris</i>	282
Bosque caducifolio mediterráneo costero de <i>Nothofagus glauca</i> - <i>Persea lingue</i>	613
Bosque caducifolio mediterráneo andino de <i>Nothofagus glauca</i> - <i>N. obliqua</i>	1.127
Bosque caducifolio mediterráneo costero de <i>Nothofagus obliqua</i> - <i>Gomortega keule</i>	540
Bosque caducifolio mediterráneo de <i>Nothofagus obliqua</i> - <i>Persea lingue</i>	1.270
Bosque caducifolio templado de <i>Nothofagus obliqua</i> - <i>Laurelia sempervirens</i>	4.922
Bosque mixto mediterráneo costero de <i>Nothofagus dombeyi</i> - <i>N. obliqua</i>	1.228
Bosque caducifolio templado costero de <i>Nothofagus alpina</i> - <i>Persea lingue</i>	835
Bosque caducifolio mediterráneo-templado andino de <i>Nothofagus alpina</i> - <i>N. obliqua</i>	608
Bosque caducifolio templado andino de <i>Nothofagus alpina</i> - <i>Dasyphyllum diacanthoides</i>	2.783
Bosque caducifolio templado andino de <i>Nothofagus alpina</i> - <i>N. dombeyi</i>	2.637
Bosque caducifolio mediterráneo-templado andino de <i>Nothofagus pumilio</i> - <i>N. obliqua</i>	1.519
Bosque caducifolio templado andino de <i>Nothofagus pumilio</i> - <i>Araucaria araucana</i>	3.274
Bosque caducifolio templado andino de <i>Nothofagus pumilio</i> / <i>Drimys andina</i>	3.650
Bosque caducifolio templado andino de <i>Nothofagus pumilio</i> / <i>Berberis ilicifolia</i>	9.641
Bosque caducifolio templado andino de <i>Nothofagus pumilio</i> / <i>Azara alpina</i>	2.722
Bosque caducifolio templado andino de <i>Nothofagus pumilio</i> / <i>Ribes cucullatum</i>	4.738
Bosque caducifolio templado-antiboreal andino de <i>v/ Maytenus disticha</i>	10.773
Matorral caducifolio	20.121
Matorral caducifolio templado andino de <i>Nothofagus antarctica</i>	7.209
Matorral caducifolio templado andino de <i>Nothofagus antarctica</i> / <i>Empetrum rubrum</i>	2.857
Matorral arborescente caducifolio mediterráneo-templado oriental de <i>Nothofagus antarctica</i> / <i>Berberis microphylla</i>	3.279
Matorral arborescente caducifolio templado-antiboreal andino de <i>Nothofagus antarctica</i> / <i>Chilodactylus diffusum</i>	6.776
Bosque laurifolio	8.383
Bosque laurifolio templado costero de <i>Aextoxicon punctatum</i> - <i>Laurelia sempervirens</i>	284
Bosque laurifolio templado costero de <i>Weinmannia trichosperma</i> - <i>Laurelopsis philippiana</i>	2.172
Bosque laurifolio templado interior de <i>Nothofagus dombeyi</i> - <i>Eucryphia cordifolia</i>	5.927
Bosque resinoso de coníferas	19.194

Bosque resinoso templado costero de <i>Araucaria araucana</i>	269
Bosque resinoso templado andino de <i>Araucaria araucana</i> - <i>Nothofagus dombeyi</i>	2.117
Bosque resinoso mediterráneo-templado andino de <i>Araucaria araucana</i> / <i>Festuca scabriuscula</i>	1.209
Bosque resinoso templado costero de <i>Fitzroya cupressoides</i>	1.260
Bosque resinoso templado andino de <i>Fitzroya cupressoides</i>	3.097
Bosque resinoso templado costero de <i>Pilgerodendron uviferum</i> - <i>Tepualia stipularis</i>	2.820
Bosque resinoso templado costero de <i>Pilgerodendron uviferum</i> / <i>Astelia pumila</i>	8.422
Bosque siempreverde	88.123
Bosque siempreverde templado andino de <i>Nothofagus dombeyi</i> / <i>Gaultheria phillyreifolia</i>	646
Bosque siempreverde templado andino de <i>Nothofagus dombeyi</i> - <i>Saxegothaea conspicua</i>	3.019
Bosque siempreverde templado andino de <i>Austrocedrus chilensis</i> - <i>Nothofagus dombeyi</i>	152
Bosque siempreverde templado interior de <i>Nothofagus nitida</i> - <i>Podocarpus nubigenus</i>	15.497
Bosque siempreverde templado interior de <i>Nothofagus betuloides</i> / <i>Desfontainia fulgens</i>	9.397
Bosque siempreverde templado andino de <i>Nothofagus betuloides</i> - <i>Laureliopsis philippiana</i>	528
Bosque siempreverde templado andino de <i>Nothofagus betuloides</i> / <i>Chusquea macrostachya</i>	4.650
Bosque mixto templado andino de <i>Nothofagus betuloides</i> / <i>Berberis ilicifolia</i>	2.511
Bosque mixto templado-antiboreal andino de <i>Nothofagus betuloides</i> - <i>Nothofagus pumilio</i>	5.266
Bosque siempreverde templado-antiboreal costero de <i>Nothofagus betuloides</i> - <i>Embothrium coccineum</i>	7.617
Bosque siempreverde templado-antiboreal costero de <i>Nothofagus betuloides</i> - <i>Drimys winteri</i>	38.840
Matorral siempreverde	3.463
Matorral siempreverde templado costero de <i>Pilgerodendron uviferum</i> - <i>Nothofagus nitida</i>	3.463
Turbera	56.937
Turbera templada costera de <i>Donatia fascicularis</i> y <i>Oreobolus obtusangulus</i>	38.411
Turbera antiboreal costera de <i>Astelia pumila</i> - <i>Donatia fascicularis</i>	9.127
Turbera antiboreal costera de <i>Bolax caespitosus</i> - <i>Phyllachne uliginosa</i>	5.654
Turbera templada-antiboreal interior de <i>Sphagnum magellanicum</i> / <i>Schoenus antarcticus</i>	3.745
Matorral bajo de altitud	89.589
Matorral bajo tropical andino de <i>Fabiana ramulosa</i> - <i>Diplostephium meyenii</i>	6.745
Matorral bajo tropical andino de <i>Parastrephia lucida</i> - <i>Azorella compacta</i>	3.165
Matorral bajo tropical andino de <i>Parastrephia lucida</i> / <i>Festuca orthophylla</i>	1.760
Matorral bajo tropical andino de <i>Parastrephia lepidophylla</i> - <i>P. quadrangularis</i>	7.042
Matorral bajo tropical andino de <i>Azorella compacta</i> - <i>Pycnophyllum molle</i>	2.052
Matorral bajo tropical andino de <i>Fabiana denudata</i> - <i>Chuquiraga atacamensis</i>	3.992
Matorral bajo tropical andino de <i>Fabiana squamata</i> / <i>Festuca chrysophylla</i>	3.940
Matorral bajo tropical andino de <i>Fabiana bryoides</i> - <i>Parastrephia quadrangularis</i>	7.661
Matorral bajo tropical andino de <i>Mulinum crassifolium</i> - <i>Urbania pappigera</i>	9.210
Matorral bajo tropical andino de <i>Artemisia copa</i> / <i>Jarava frigida</i>	2.128
Matorral bajo tropical andino de <i>Adesmia frigida</i> / <i>Jarava frigida</i>	3.479
Matorral bajo tropical-mediterráneo andino de <i>Adesmia hystrix</i> - <i>Ephedra breana</i>	6.538
Matorral bajo tropical andino de <i>Adesmia subterranea</i> - <i>Adesmia echinus</i>	5.312
Matorral bajo mediterráneo costero de <i>Chuquiraga oppositifolia</i> - <i>Mulinum spinosum</i>	55
Matorral bajo mediterráneo andino de <i>Chuquiraga oppositifolia</i> - <i>Nardophyllum lanatum</i>	4.060
Matorral bajo mediterráneo andino de <i>Laretia acaulis</i> - <i>Berberis empetrifolia</i>	5.647
Matorral bajo mediterráneo andino de <i>Chuquiraga oppositifolia</i> - <i>Discaria articulata</i>	3.435
Matorral bajo templado andino de <i>Discaria chacaye</i> / <i>Berberis empetrifolia</i>	3.421

Matorral bajo templado andino de <i>Adesmia longipes</i> - <i>Senecio bipontinii</i>	2.986
Matorral bajo antiboreal andino de <i>Bolax gummifera</i> - <i>Azorella selago</i>	6.961
Herbazal de altitud	25.356
Herbazal tropical andino de <i>Chaetanthera sphaeroidalis</i>	6.574
Herbazal mediterráneo andino de <i>Nastanthus spathulatus</i> - <i>Menonvillea spathulata</i>	2.310
Herbazal mediterráneo andino de <i>Oxalis adenophylla</i> - <i>Pozoa coriacea</i>	953
Herbazal templado andino de <i>Nassauvia dentata</i> - <i>Senecio portalesianus</i>	11.118
Herbazal antiboreal andino de <i>Nassauvia pygmaea</i> - <i>N. lagascae</i>	4.401
Estepas y pastizales	24.354
Estepa mediterránea-templada oriental de <i>Festuca pallescens</i> / <i>Mulinum spinosum</i>	3.127
Estepa mediterránea-templada oriental de <i>Festuca gracillima</i>	6.354
Estepa mediterránea-templada oriental de <i>Festuca gracillima</i> / <i>Mulinum spinosum</i>	6.890
Estepa templada oriental de <i>Festuca gracillima</i> / <i>Chilietrichum diffusum</i>	7.983
Estepa templada oriental de <i>Festuca gracillima</i> / <i>Chilietrichum diffusum</i>	7.983

Anexo 4.2 Tabla con 14 ecorregiones y 96 ecosistemas marinos según clasificación propuesta por MMA (2016)

Ecorregión	Ecosistemas		
Norte grande	Epibentonico Blando - Norte grande	Centro sur	Epibentonico Blando - Centro sur
	Epibentonico Duro - Norte grande		Epibentonico Duro - Centro sur
	Litoral - Norte grande		Litoral Blando - Centro sur
	Litoral Blando - Norte grande		Litoral Duro - Centro sur
	Litoral Duro - Norte grande		Mesobentonico - Centro sur
	Zona de Surgencia - Norte grande	Chiloé Taitao	Canales de la Patagonia Central - Chiloé Taitao
Paposo Taltal	Epibentonico Blando - Paposo Taltal		Canales de la Patagonia Norte - Chiloé Taitao
	Epibentonico Duro - Paposo Taltal		Costa de Chiloé Continental - Chiloé Taitao
	Litoral - Paposo Taltal		Costa Este de Chiloé - Chiloé Taitao
	Litoral Blando - Paposo Taltal		Costa expuesta de Golfo de Penas - Chiloé Taitao
	Litoral Duro - Paposo Taltal		Costa expuesta Patagonia Norte - Chiloé Taitao
	Mesobentonico - Paposo Taltal		Fiordos de Chiloé Continental - Chiloé Taitao
Atacama	Epibentonico - Atacama		Fiordos de la Patagonia Central - Chiloé Taitao
	Epibentonico Blando - Atacama		Fiordos de la Patagonia Norte - Chiloé Taitao
	Epibentonico Duro - Atacama		Senos del Golfo de Penas - Chiloé Taitao
	Litoral - Atacama	Kawesqar	Canales de la Patagonia Central - Kawesqar
	Litoral Blando - Atacama		Costa Expuesta de Patagonia Central - Kawesqar
	Litoral Duro - Atacama		Fiordos de la Patagonia Central - Kawesqar
	Mesobentonico - Atacama	Magallanes	Almirantazgo - Magallanes
	Zona de Surgencia - Atacama		Bahía Inútil - Magallanes
Los Molles	Epibentonico Blando - Los Molles		Beagle Ballenero - Magallanes
	Epibentonico Duro - Los Molles		Canales de la Patagonia Central - Magallanes
	Litoral - Los Molles		Canales de la Patagonia Sur - Magallanes
	Litoral Blando - Los Molles		Cockburn Magdalena - Magallanes
	Litoral Duro - Los Molles		Costa Expuesta de Patagonia Sur - Magallanes
	Zona de Surgencia - Los Molles		Estrecho de Magallanes Central - Magallanes
Chile central	Epibentonico Blando - Chile central		Estrecho de Magallanes Este - Magallanes
	Epibentonico Duro - Chile central		Estrecho de Magallanes Oeste - Magallanes
	Litoral - Chile central		Fiordos de la Patagonia Central - Magallanes
	Litoral Blando - Chile central		Fiordos de la Patagonia Sur - Magallanes
	Litoral Duro - Chile central		Nassau Hornos - Magallanes
	Zona de Surgencia - Chile central		Otway Jeronimo - Magallanes
			Whitesidel - Magallanes

Islas Desventuradas	Abisal - Islas Desventuradas	Pacífico Sudeste	Abisal - Pacífico Sudeste
	Batibentonico - Islas Desventuradas		Batibentonico - Pacífico Sudeste
	Mesobentonico - Islas Desventuradas		Hadal - Pacífico Sudeste
	Montes Submarinos - Islas Desventuradas		Mesobentonico - Pacífico Sudeste
	Superficie terrestre - Islas Desventuradas		Montes submarinos - Pacífico Sudeste
Archipiélago de Juan Fernandez	Abisal - Archipiélago de Juan Fernandez	Pacífico Austral Oceánico	Abisal - Pacífico Austral Oceánico
	Batibentonico - Archipiélago de Juan Fernandez		Batibentónico - Pacífico Austral Oceánico
	Epibentonico - Archipiélago de Juan Fernandez		Mesobentonico - Pacífico Austral Oceánico
	Litoral - Archipiélago de Juan Fernandez		Montes submarinos - Pacífico Austral Oceánico
	Mesobentonico - Archipiélago de Juan Fernandez		
	Montes Submarinos - Archipiélago de Juan Fernandez		
	Superficie terrestre - Archipiélago de Juan Fernandez		
Isla de Pascua	Abisal - Isla de Pascua		
	Batibentonico - Isla de Pascua		
	Epibentonico - Isla de Pascua		
	Insular - Isla de Pascua		
	Litoral - Isla de Pascua		
	Mesobentonico - Isla de Pascua		
	Montes Submarinos - Isla de Pascua		

Anexo 4.3 Categorías de Conservación usadas por el Reglamento para la Clasificación de Especies Silvestres (RCE) en Chile, validados para los criterios de la UICN

Extinta	EX	Cuando no queda ninguna duda razonable de que el último individuo existente ha muerto. Se presume que un taxón está Extinto cuando prospecciones exhaustivas en sus hábitats conocidos y/o esperados, efectuadas en las oportunidades apropiadas y en su área de distribución histórica, no hayan detectado algún individuo en estado silvestre. Se trata de especies que tampoco subsisten en cautiverio o cultivos.
Extinta en Estado Silvestre	EW	Cuando sólo sobrevive en cultivo, en cautividad o como población (o poblaciones) naturalizadas completamente fuera de su distribución original. Son especies para las cuales, luego de prospecciones exhaustivas en su hábitat conocido y/o esperado, efectuadas en las oportunidades apropiadas y en su área de distribución histórica, no hayan detectado algún individuo en estado silvestre.
En Peligro Crítico	CE	Cuando enfrente un riesgo extremadamente alto de extinción, es decir, la probabilidad de que la especie desaparezca en el corto plazo es muy alta. Para ser clasificada en esta categoría, la especie debe cumplir con los criterios técnicos que para dicha categoría fueron establecidos por la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN).
En Peligro	EN	Cuando, no pudiendo ser clasificada en la categoría denominada "En Peligro Crítico", enfrente un riesgo muy alto de extinción, es decir cuando la probabilidad de que la especie desaparezca en el mediano plazo es alta. Para ser clasificada en esta categoría, la especie debe cumplir con los criterios técnicos que para dicha categoría fueron establecidos por la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN).
Vulnerable	VU	Cuando, no pudiendo ser clasificada en la categoría denominada "En Peligro", la mejor evidencia disponible indica que cumple con alguno de los criterios establecidos por la UICN para tal categoría y, por consiguiente, se considera que está enfrentando un riesgo alto de extinción en estado silvestre.
Casi Amenazada	NT	Cuando habiendo sido evaluada, no satisface, actualmente, los criterios para las categorías En Peligro Crítico, En Peligro o Vulnerable; pero está próximo a satisfacer los criterios de estos últimos, o posiblemente los satisfaga, en el futuro cercano.
Preocupación menor	LC	Cuando, habiendo sido evaluada, no cumple ninguno de los criterios que definen las categorías de En Peligro Crítico, En Peligro, Vulnerable o Casi Amenazada. Se incluyen en esta categoría especies abundantes y de amplia distribución, y que por lo tanto pueden ser identificadas como de preocupación menor. Es la categoría de menor riesgo.
Datos deficientes	DD	No corresponde a una categoría de conservación. Se aplica a especies que no pueden ser clasificadas en alguna categoría de conservación porque faltan datos o información.

Anexo 4.4 Principales compromisos internacionales suscritos por Chile

Año	Acuerdo	Objetivos
1975	Convención CITES	La convención sobre el comercio internacional de especies amenazadas de fauna y flora silvestre (CITES) es un acuerdo internacional que tiene por finalidad velar por que el comercio internacional de especímenes de animales y plantas silvestres no constituya una amenaza para su supervivencia.
1980	Convención sobre conservación de focas antárticas	Esta convención se aplica al mar al sur de los 60° de Latitud Sur, y abarca las siguientes especies: Elefante marino (<i>Mirounga leonina</i>), Leopardo marino (<i>Hydrurga leptonyx</i>), Foca de Weddell (<i>Leptonychotes weddelli</i>), Foca cangrejera (<i>Lobodon carcinophagus</i>), Foca de Ross (<i>Ommatophoca rossi</i>), Lobo de dos pelos (<i>Arctocephalus</i> sp).
1980	Convención de Cambera	Convención sobre la Conservación de los Recursos Vivos Marinos Antárticos.
1981	Convención de Bonn	La Convención tiene por objetivo conservar especies migratorias terrestres, marinas y aves a través de su rango de distribución.
1981	Convención Ramsar	Es un tratado intergubernamental que sirve de marco para la acción nacional y la cooperación internacional en pro de la conservación y uso racional de los humedales y sus recursos.
1990	Protocolo de Montreal	Tratado internacional relativo a Sustancias Agotadoras de la Capa de Ozono (SAOs) que tiene como objetivo proteger la capa de ozono mediante el control de producción de las sustancias degradadoras de la misma.
1992	Declaración de Río de la Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y Desarrollo.	Establece, entre otros, que « Los seres humanos constituyen el centro de las preocupaciones relacionadas con el desarrollo sostenible. Tienen derecho a una vida saludable y productiva en armonía con la naturaleza. », (Principio 1) « Para alcanzar el desarrollo sostenible, la protección del medio ambiente debe ser parte del proceso de desarrollo y no puede ser considerado por separado ». (Principio 4)
1994	Convención de Wellington	Prohibición de Pesca con Redes y Deriva de Gran Escala en el Pacífico Sur.
1994	Convención de las Naciones Unidas sobre Derecho del Mar	Establece un régimen comprensivo de ley y orden de los océanos y mares del mundo, estableciendo reglas rectoras para los usos de los océanos y sus recursos.
1994	Convenio sobre Diversidad Biológica (CDB)	Tiene como objetivo la conservación de la diversidad biológica, la utilización sostenible de sus componentes y la participación justa y equitativa en los beneficios que se deriven de la utilización de los recursos genéticos, mediante, entre otras cosas, un acceso adecuado a esos recursos y una transferencia apropiada de las tecnologías pertinentes, teniendo en cuenta todos los derechos sobre esos recursos y a esas tecnologías, así como mediante una financiación apropiada.
1994	Creación del Instituto Interamericano para la Investigación del Cambio Global	Se crea este instituti como red regional de entidades que cooperen en investigación.
1995	Protocolo para la Protección del Pacífico Sudeste contra la Contaminación Radioactiva	Las Partes Contratantes acuerdan prohibir todo vertimiento o enterramiento de desechos radiactivos y otras sustancias radiactivas en el mar, lecho y/o subsuelo de éste.
1995	Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMNUCC)	Tiene como objetivo reforzar la conciencia pública, a escala mundial, de los problemas relacionados con el cambio climático.
1995	Protocolo para la Conservación y Administración de las áreas Marinas Costeras Protegidas del Pacífico Sudeste	Las Partes Contratantes se comprometen, individualmente, o mediante la cooperación bilateral o multilateral, a adoptar las medidas apropiadas de acuerdo con las disposiciones del presente Protocolo para proteger y preservar los ecosistemas frágiles, vulnerables o de valor natural o cultural único, con particular énfasis en la flora y fauna amenazados de agotamiento y extinción, realizando estudios orientados a la reconstrucción del medio o repoblamiento de fauna y flora en casos necesarios.
1998	Convención de las naciones unidas de lucha contra la desertificación	Tiene como objetivo luchar contra la desertificación y mitigar los efectos de la sequía en los países afectados, en particular en África, mediante la adopción de medidas eficaces en todos los niveles, apoyadas por acuerdos de cooperación y asociación internacional.
2003	Tratado de Libre Comercio (TLC) con Estados Unidos, componente ambiental	Los gobiernos reconocen la importancia de proteger el medio ambiente y promover el desarrollo sostenible de común acuerdo con los lazos bilaterales de comercio e inversión ampliados a raíz del Tratado de Libre Comercio (TLC) entre los Estados Unidos y Chile firmado en 2003.

2005	Protocolo de Kyoto	Es el protocolo de CMNUCC, y tiene por objetivo reducir las emisiones de los gases de efecto invernadero que causan el calentamiento global.
2005	Convenio de Rotterdam	Tiene como objetivo promover la responsabilidad compartida y los esfuerzos conjuntos de las Partes en la esfera del comercio internacional de ciertos productos químicos peligrosos, a fin de proteger la salud humana y el medio ambiente frente a posibles daños.
2010	Metas de Aichi	Son 20 metas agrupadas en cinco objetivos estratégicos planteadas por los representantes de gobierno de 196 países firmantes de la CBD durante la COP 10 sobre biodiversidad que se llevó a cabo en Aichi, Japón en 2010. Estas metas, que deberán cumplirse en el 2020, forman parte del Plan Estratégico para la Diversidad Biológica 2011-2020 que tiene el propósito de detener la pérdida de la naturaleza: el soporte vital de todas las formas de vida en el planeta.
2010	Convenio de adhesión a la Organización de Cooperación y Desarrollo Económico (OECD)	La OECD, fundada en 1961, es un foro multilateral de discusión, de desarrollo y de reforma de políticas económicas y sociales. El Directorado de Medio Ambiente de la OCDE supervisa el trabajo de una serie de grupos en materias tales como: biodiversidad, agua y ecosistemas; clima, inversión y desarrollo, información ambiental, desempeño ambiental, integración de políticas económicas y ambientales, así como productividad de los recursos y residuos, químicos, plaguicidas y biotecnología.
2011	Alianza del Pacífico	La Alianza del Pacífico nació como una iniciativa económica y de desarrollo entre cuatro naciones de América Latina: Chile, Colombia, México y Perú. En los últimos años los países miembros han buscado no sólo profundizar la integración regional en términos económicos, creando mercados atractivos para lograr una mayor competitividad a nivel internacional, sino también fortalecer y materializar su adhesión al desarrollo sustentable y a las políticas de crecimiento verde.
2015	Agenda 2030	193 países miembros de la Organización de Naciones Unidas (ONU), se subscriben y se comprometen al cumplimiento de un nuevo programa de desarrollo sostenible. Este programa, conocido como la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible, es un plan de acción en favor de las personas, el planeta y la prosperidad. Establece 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible y 169 metas.
2017	Acuerdo de París	Acuerdo dentro del marco de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático que establece medidas para la reducción de las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) a través de la mitigación, adaptación y resiliencia de los ecosistemas a efectos del Calentamiento Global, su aplicabilidad se establece para el año 2020, cuando finaliza la vigencia del Protocolo de Kioto.

Anexo 4.5 Principales instrumentos normativos relativos a Biodiversidad en Chile

Materia	Instrumento normativo	Detalles	Fecha
INSTITUCIONALIDAD AMBIENTAL (IA)	Ley 19.300	Ley sobre Bases Generales del Medio Ambiente. La CONAMA sigue un modelo coordinador del medio ambiente. IA dispersa entre CONAF, SERNAPESCA y SAG.	1994
	Ley 20.173	Crea el cargo de presidente de la comisión nacional del medio ambiente y le confiere rango de ministro de estado.	2007
	Modificación Ley 19.300 (N° 20.417)	Crea el Ministerio del Medio Ambiente (MMA), el Servicio de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA), la Superintendencia de Medio Ambiente (SMA) y el Consejo de Ministros para la Sustentabilidad (CMS). La IA está más concentrada, pero la regulación y gestión ambiental sigue dispersa.	2010
	Modificación Ley 19.300 (N° 20.417)	Crea los Tribunales Ambientales.	2012
	Boletín 9404-12	Proyecto de Ley que crea el Servicio de Biodiversidad y Áreas Protegidas (SBAP), concentrando bajo la tutela del MMA todas las áreas protegidas de diversas categorías que actualmente están dispersas.	2014**
ÁREAS PROTEGIDAS	Ley 18.362	Crea un sistema nacional de áreas silvestres protegidas.	1984
	Ley 18.892	Ley general de pesca y acuicultura. SERNAPESCA crea y administra los parques y reservas marinas.	1989
	DS 238	Reglamento sobre parques marinos y reservas marinas de la ley general de pesca y acuicultura.	2005
	Resolución Exenta 83	Crea el Comité Nacional de Áreas Protegidas compuesto por representantes de diversas instituciones públicas.	2014
	Boletín 11006-07	Modifica el Código Penal con el objeto de aumentar la pena aplicable al delito de incendio de bosques y de Áreas Silvestres Protegidas.	2016*
	Ley 20.930	Establece el derecho real de conservación medioambiental. Primer cuerpo legal de apoyo a iniciativas privadas de conservación, constituyendo derechos de conservación transferibles dentro de la propiedad privada.	2016

BOSQUES	Ley 18.348	Crea la Corporación Nacional Forestal y de Protección de Recursos Naturales Renovables (CONAF).	1984
	DS 193	Reglamento general del DL 701 de 1974 sobre fomento forestal. Fomento de la producción maderera, no se protege al bosque nativo, su biodiversidad ni productos no madereros.	1998
	DL 656	Ley de bosques. Regula la explotación forestal y las plantaciones para preservar los bosques, pero facilita la industria maderera.	1999
	Ley 20.283	Ley de bosque nativo y fomento forestal. Se diferencia el bosque nativo de las plantaciones exóticas, se definen los servicios ecosistémicos y tiene como objetivo conservar la diversidad biológica de los bosques. Fomento al bosque nativo.	2008
	DS 93	Reglamento general de la ley sobre recuperación del bosque nativo y fomento forestal.	2009
	DS 95	Reglamento del fondo de conservación recuperación y manejo sustentable del bosque nativo.	2009
	DS 96	Reglamenta los recursos destinados a la investigación del bosque nativo.	2009
	Ley 20.488	Prorroga vigencia del DL 701 y aumenta incentivos a la forestación.	2011
BIODIVERSIDAD	Ley 19.473	Ley de Caza. Regula explotación de la fauna vertebrada terrestre nativa y exótica. Se intentó regular sobre fauna exótica dañina, pero fracasó por críticas sociales.	1999
	Ley 19.713	Establece como medida de administración el límite máximo de captura por armador a las principales pesquerías industriales nacionales y la regularización del registro pesquero artesanal.	2001
	DS 75	Reglamento para la clasificación de especies silvestres.	2004
	DS 345	Reglamento sobre plagas hidrobiológicas.	2006
	Ley 20.256	Establece normas sobre pesca recreativa.	2008
	DS 179	Establece prohibición de captura de especies de cetáceos que se indican en aguas de jurisdicción nacional.	2008
	Ley 20.293	Protege a los cetáceos e introduce modificaciones a la ley 18.892 general de pesca y acuicultura.	2008
	Ley 20.380	Sobre protección de animales.	2009
	Modificación Ley 18.892 (N° 20.434)	Mejoramiento en la prevención de impactos de la acuicultura sobre la biodiversidad.	2010
	DS 29	Reglamento para la clasificación de especies silvestres según estado de conservación.	2011
	Resolución Exenta 930	Crea el Comité Nacional de Humedales, el cual está constituido por representantes del sector público, así como también cuenta con la visión de partes interesadas externas al Comité vinculadas a humedales, tanto del ámbito privado, académico, como ONG's, entre otros.	2013
	Resolución Exenta N° 684	Crea el Comité Operativo para la prevención, el Control y la Erradicación de las Especies Exóticas Invasoras (COCEI). Su coordinación está a cargo del Ministerio del Medio Ambiente y está compuesto por 13 instituciones públicas.	2013
	Modificación Ley 18.892 (N° 20.657)	Modificaciones en el ámbito de la sustentabilidad. Se protegen legalmente los montes marinos.	2013
	DS 1	Reglamento para la elaboración de planes de recuperación conservación y gestión de especies.	2014
	Boletín 9882-01	Establece regulaciones sobre los parques zoológicos.	2015**
	DS 96	Establece Reglamento de Actividades de Acuicultura en Áreas de Manejo y Explotación de Recursos Bentónicos. Deja Sin Efecto D.S. N° 314-2004.	2015
	Resolución Exenta 0770	Crea el Comité Nacional de Restauración Ecológica.	
	Boletín 11520-07	Sustituye el numeral 8° del artículo 19 de la Carta Fundamental, con el propósito de incorporar la preservación de la biodiversidad genética.	2017*

CAMBIO CLIMÁTICO	DS 87	Crea consejo asesor de cambio climático y agricultura.	2009
	Resolución Exenta 197	Crea comité asesor sobre cambio climático.	2013
	DS 145	Deroga decreto n° 466 de 1996 que crea comité nacional sobre cambio global.	2014
	Boletín 11689-12	Modifica la ley N°19.300, sobre Bases Generales del Medio Ambiente, para incorporar en ella el criterio de cambio climático y la participación ciudadana, en el procedimiento de evaluación de impacto ambiental.	2018*
	Boletín 12509-12	Modifica la ley N°19.300, que Aprueba ley sobre Bases Generales del Medio Ambiente, para reemplazar la denominación del Ministerio del Medio Ambiente, por la de Ministerio del Medio Ambiente y Cambio Climático.	2019*
	Boletín 12634-12	Proyecto de ley que establece normas ambientales y de adaptación al cambio climático para la actividad de acuicultura.	2019*
	Boletín 12758-12	Proyecto de ley que establece normas medioambientales y de adaptación al cambio climático para la industria alguera.	2019*
	Ley 21.157	Establece el financiamiento, regula la ejecución y dicta otras normas para la implementación de la Conferencia Internacional para el Cambio Climático denominada Cop 25.	2019

* Año en que ingresa proyecto de Ley. Actualmente en primer trámite constitucional.

* Año en que ingresa proyecto de Ley. Actualmente en segundo trámite constitucional.

CAPITULO 5



INFORME PAÍS ESTADO DEL MEDIO AMBIENTE EN CHILE
2018

5. SUELOS

5.1 ESTADO DE LOS SUELOS

La geografía de los suelos de Chile responde a la distribución espacial de los factores de formación de suelos en el país. A pesar de ser una nación pequeña, Chile cuenta con una enorme diversidad de suelos, contando con diez de los doce órdenes de suelo hasta ahora descritos por la taxonomía de suelos (Figura 5.1). A grandes rasgos, dos factores son claves para entender los suelos de Chile: el gradiente climático (reflejado principalmente en las precipitaciones) existente de norte a sur, y la particular fisiografía del país, cuya ubicación en un margen tectónico de convergencia de placas crea macrounidades fisiográficas que van paralelas a la línea de costa, las que se distribuyen de este a oeste en: Cordillera de la Costa, Depresión Intermedia y Cordillera de los Andes. Considerando ambos factores, a continuación se explican de manera integral y a gran escala los suelos según cuatro zonas: norte grande, norte chico, zona central y zona austral.

5.1.1 El patrimonio edáfico

5.1.1.1 Suelos del Norte Grande (18° - 25° S)

Esta zona alberga el desierto templado más árido del mundo, y en consecuencia aquí se pueden encontrar suelos únicos y característicos del Desierto de Atacama. En la Cordillera de la Costa, generalmente la roca aflora directamente a la superficie y hay escasa cobertura de suelos, los cuales cuando están presentes son delgados y muy poco desarrollados (Entisoles)¹. Los suelos comienzan a hacerse más profundos hacia la Depresión Intermedia, donde por efecto de millones de años de hiperaridez, se han acumulado sales muy solubles en todo el perfil, las que se redistribuyen durante los escasos eventos de precipitación que ocurren en el desierto^{2,3}. Es en la Depresión Intermedia donde se producen suelos únicos en el mundo, muy antiguos, bien desarrollados, con horizontes ricos en nitratos (el caliche) y otras sales muy solubles como la halita y sales de iodo⁴. Los suelos de la Depresión Intermedia están cubiertos por un horizonte muy poroso y permeable constituido de anhidrita, el que se conoce localmente como chusca. Estos suelos bien desarrollados (Aridisoles)

1 Díaz, C. y C. Wright. 1965

2 Ewing et al., 2006.

3 Michalski et al., 2004.

4 Ericksen, G. 1983.

se encuentran en una delgada franja que constituye la zona más seca en la Depresión Intermedia. Hacia el este, a medida que se aumenta en altitud, el gradiente de precipitaciones aumenta gradualmente y el caliche desaparece para dar paso a una región con suelos de desarrollo escaso (Entisoles) a intermedio (Inceptisoles), con algunos sectores de Depresiones cubiertos por acumulaciones evaporíticas de sales, los salares (Aridisoles) y bofedales con suelos ricos en materia orgánica (Histosoles). Estos últimos si bien escasos en superficie, son esenciales para ecosistemas de humedales únicos y frágiles, y para las comunidades altoandinas que subsisten de la ganadería de auquénidos⁵. Los escasos valles que atraviesan el Desierto de Atacama, como el Lluta, Azapa y Camarones tienen suelos delgados, poco desarrollados (Entisoles) donde se desarrolla la escasa agricultura que existe en la zona⁵.

5.1.1.1 Suelos del Norte Chico (25° - 33° S)

En esta zona la Depresión intermedia, característica de otras áreas del país, se encuentra ausente, lo que explica que esta porción del territorio también sea conocida como de los Valles Transversales, la Cordillera de la Costa y de los Andes. Esta zona, además, coincide con un bajo ángulo de subducción de la placa de Nazca, lo que genera una ausencia de volcanismo.

En los valles que atraviesan el cordón montañoso existen suelos jóvenes de escaso desarrollo en las zonas más bajas (Entisoles e Inceptisoles), mientras que las terrazas fluviales y marinas más altas (y antiguas) pueden contener suelos bien desarrollados con horizontes de acumulación de arcilla, sílice, carbonatos o yeso (Aridisoles). La Cordillera de la Costa del Norte Chico experimenta una transición entre suelos de escaso desarrollo hacia el norte, con un continuo aumento del grado de meteorización y desarrollo a medida que se avanza hacia el sur. En ciertas zonas se alcanzan niveles de desarrollo que corresponderían a climas más húmedos, por lo que se ha señalado que estos suelos serían relictos de climas pasados, pero que por encontrarse actualmente en un clima árido se clasifican todos como Aridisoles.⁶ La Cordillera de los Andes, por sus altas pendientes, cuenta con suelos de desarrollo bajo (Entisoles) a intermedio (Inceptisoles)⁷.

5.1.1.2 Suelos de la Zona Central (33° - 43° S)

En la zona Central se pueden apreciar con mayor claridad las diferencias existentes entre los suelos que ocupan las tres macrounidades fisiográficas. La Cordillera de la Costa es la unidad más antigua, donde predomina un relieve ondulado en gran parte de su extensión, debido a la intensa meteorización que ha sufrido durante millones de años, lo que explica el intenso color rojo de los suelos que cubren sus laderas, siendo conocidos localmente como suelos rojo-arcillosos. Estos suelos son altos en bases de intercambio hacia el norte (Alfisoles) y dan paso hacia el sur a suelos que han sufrido mayor lavado durante su desarrollo y por ende, son bajos en bases de intercambio, los que a su vez se caracterizan por ser muy profundos en algunas zonas de la Cordillera de la Costa de la zona más lluviosa (Ultisoles)⁸. En la Depresión Intermedia se da un gradiente afín al paulatino aumento de las precipitaciones de norte a sur, que va desde suelos típicos de climas semiáridos de pasturas, desarrollados originalmente en un ecosistema de sabana de espinos (Acacia caven) hoy dominado por una agricultura de riego de alta intensidad; éstos suelos se destacan por ser de reacción alcalina y tener un horizonte superficial oscuro rico en materia orgánica (Mollisoles). Entre las regiones de Valparaíso y Maule, existen sectores con presencia de suelos ricos en arcillas expansibles formados en ambientes lacustres (Vertisoles), los que dan paso a suelos volcánicos hacia el sur, conocidos localmente como Ñadis y Trumaos (Andisoles), que cubren extensas zonas desde los 37° S hacia el sur^{9,10}. En algunas zonas de la Depresión Intermedia, en los cerros isla o en depósitos muy antiguos se pueden encontrar también suelos rojo-arcillosos (Alfisoles y Ultisoles).

La Cordillera de los Andes sigue un gradiente muy similar a la Depresión Intermedia de norte a sur, con Molisoles e Inceptisoles bajo los 2000 m.s.n.m. por el norte, que dan paso a los Trumaos (Andisoles) hacia el sur, a medida que aumentan las precipitaciones y la actividad volcánica, a la vez que disminuye la altura de la Cordillera de los Andes. Aunque casi desconocidos por la escasez de datos, las zonas más altas de la Cordillera de los Andes estarían principalmente formadas por suelos de desarrollo intermedio (Inceptisoles) a escaso (Entisoles) a medida que se sube en altitud¹¹.

La Zona Central es a su vez la zona con mayor presión sobre el recurso suelo, lo que se da por la combinación de suelos fértiles, un clima propicio para la agricultura y abundante agua, lo que ha llevado al desarrollo de una agricultura de riego de alta intensidad¹².

5.1.1.3 Suelos de la Zona Austral (43° - 55° S)

Esta región es una de las más desconocidas en cuanto a los suelos presentes, y la información existente para la región se basa en un puñado de reportes e investigaciones que claramente son insuficientes para describir a cabalidad los suelos allí existentes. Desde el

5 Norambuena et al., 2011

6 Veit, H. 1996.

7 Casanova et al., 2013.

8 Schaller et al., 2018.

9 Luzio, W. 2010.

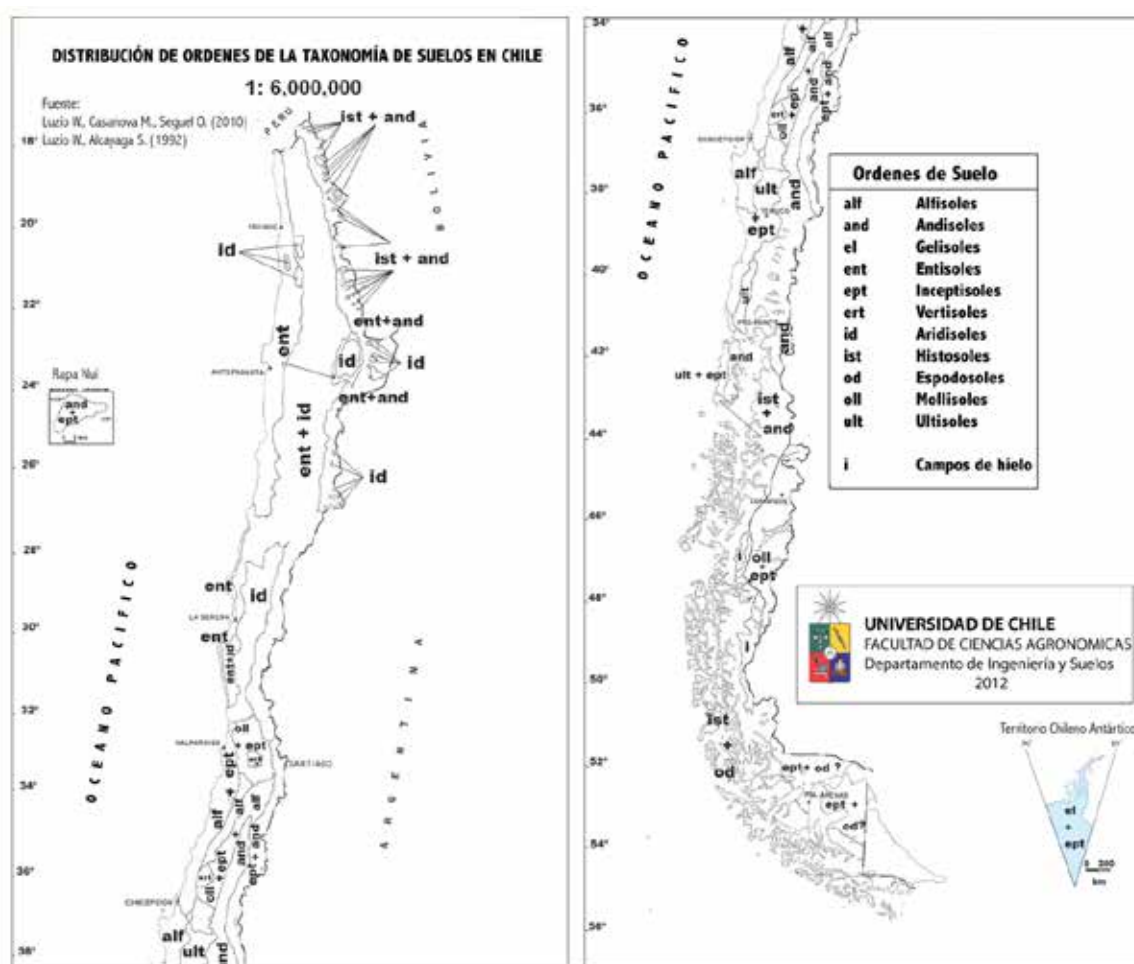
10 Tosso, J. 1985.

11 Casanova et al., 2013.

12 Armesto et al., 2007.

punto de vista de la formación de suelos, se debe considerar que esta zona estaba completamente cubierta por campos de hielo durante la última glaciación hace aproximadamente 22 mil años¹³. En consecuencia es una zona con suelos muy jóvenes en términos edáficos, los que se han desarrollado sobre roca expuesta durante el proceso de desglaciación o sobre depósitos fluviales, glaciales o volcánicos recientes¹⁴. Debido a las altas y persistentes precipitaciones, los fiordos que bordean el Océano Pacífico están cubiertos por un manto casi continuo de turberas de diverso espesor (Histosoles), que constituyen probablemente la mayor reserva de carbono orgánico del país¹⁵. Hacia el oeste, en lo que se conoce como la Cordillera Patagónica, en la zona de transición entre el Bosque Siempreverde y el Bosque Caducifolio, hay una delgada franja de suelos ricos en materia orgánica que han sufrido intensos procesos de asociación entre materia orgánica y hierro (Espodosoles)¹⁶. En la zona de las pampas hacia el este, ya con un nivel de precipitaciones significativamente más bajo, los suelos se vuelven delgados y con escaso desarrollo (Inceptisoles), y en ciertas zonas donde las condiciones lo permiten se pueden encontrar suelos de estepa ricos en materia orgánica y bases de intercambio (Mollisoles)¹⁷. Los suelos de la zona norte a la zona austral del país, se representan en la Figura 5.1.

Figura 5.1. Suelos de Chile.



FUENTE: Casanova et al., 2013.

- 13 Caldenius, C. 1932.
- 14 Pfeiffer et al., 2010.
- 15 Loisel, J y Z. Yu. 2013.
- 16 Hepp, K. y N. Stolpe. 2014.
- 17 Diaz et al., 1959.
- 18 Frederiksen, P. 1988.

5.1.2 Capacidad de uso de los suelos

Chile no cuenta con una cartografía detallada de los suelos de todo el país. Solo un 24% de la superficie tiene estudios de reconocimiento de suelo a escalas menores a 1:100.000 que permitan conocer a escala local el tipo de suelos y sus potenciales de uso. Estos estudios que se han desarrollado en el país desde la década del 1950, y que han sido compilados por CIREN desde 1996, se concentran entre la provincia de Petorca por el norte y la Provincia de Llanquihue por el sur, en la zona con mayor intensidad de uso agrícola del país. El resto del país cuenta con estudios de reconocimiento de suelos de gran escala, los que se basan en pocos datos de terreno y en gran parte en datos satelitales y fotointerpretación, por lo que el uso de esta información debe hacerse con cautela considerando el alto nivel de incertidumbre de los datos utilizados.

La Figura 5.2 muestra una compilación realizada a partir de diversos estudios, sintetizando de manera general la distribución de las clases de capacidad de uso de suelos en el país. Aquí se puede destacar que un 46 % de la superficie del país está cubierta por suelos improductivos (ej. dunas, roca, hielo, desierto), es decir áreas que no contribuyen a la producción primaria de ningún tipo, o que su producción primaria es ínfima. El segundo lugar en superficie (19%) lo ocupan suelos de categoría VIII, que corresponden a aquellos suelos que no pueden ser destinados a actividades agrícolas, ganaderas o forestales, ya sea por ser muy frágiles o porque sus propiedades no lo permitirían, por lo que se recomienda su conservación, y cuya principal función debe estar orientada a la preservación de hoya hidrográficas, recreación y vida silvestre. El tercer lugar (18%) en superficie lo ocupan los suelos de categoría VII, los que presentan severas limitaciones para ser utilizados en cultivos y solo se recomienda un uso forestal y en algunos casos pastoreo, con prácticas de conservación adecuadas que consideren la fragilidad de estos suelos e impidan su rápido deterioro.

Estas tres categorías en total suman 83%, lo que refleja que, desde un punto productivo, que Chile solo posee 17% de tierras en categoría I a V, factibles de ser empleadas en agricultura o ganadería. Estas suman 6,9 millones de hectáreas a nivel nacional, las que son ínfimas si se comparan con los 3 billones de hectáreas destinadas a la agricultura mundialmente, Representando solo un 0,23% del total de hectáreas a nivel mundial destinadas a la agricultura (3 billones). Esto es un promedio de 0,38 hectáreas potencialmente productivas por habitante. Otro estudio de la WWF, estimó que el consumo total de productos agrícolas de la población de Chile equivale a un promedio de 0,61 hectáreas globales por persona¹⁹, mientras que la estimación de la capacidad agrícola de los suelos del país se estima en 0,46 hectáreas globales por persona²⁰. Basado en este estudio, los chilenos estarían consumiendo más de lo que el país es capaz de producir.

Si se consideran solo los suelos con mejores aptitudes agrícolas (Clases I, II y III), estos apenas suman el 3,3% de la superficie del país, con un total de 2.526.723 hectáreas. Teniendo en cuenta que esta superficie está continuamente amenazada por la sobreexplotación agrícola y la expansión urbana, es imprescindible considerar la adopción de medidas que permitan la sustentabilidad a largo plazo de los suelos de buena calidad, sobre todo si Chile pretende seguir desarrollando el sector agrícola como un componente esencial de su economía.

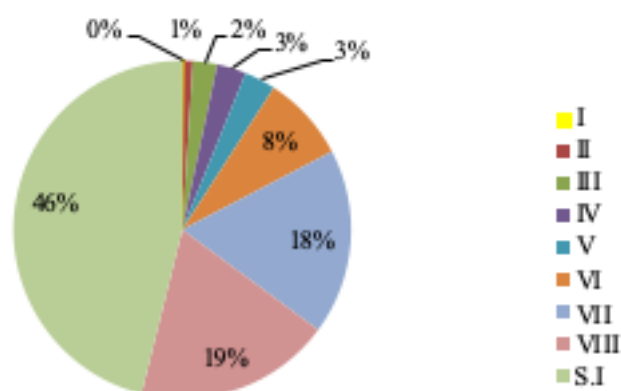
Cuadro 5.1. Superficie y participación según su capacidad de uso.

Tipo de uso	Aptitud de uso	Capacidad de uso	Superficie (ha)	Participación (%)
Suelos agrícolas arables	Sin limitaciones	I	111.346	0,15
		II	652.818	0,86
	Con limitaciones	III	1.762.559	2,33
		IV	2.106.619	2,79
Subtotal (1)			4.633.342	6,13
Suelos agrícolas no arables	Ganadera	V	2.271.144	3,00
	Ganadero - Forestal	VI	6.219.736	8,22
	Bosques	VII	13.430.602	17,76
Subtotal			21.921.482	28,99
Suelos no agrícolas	Conservación	VIII	14.200.000	18,78
Suelos improductivos			34.869.936	46,11
TOTAL			75.624.760	100

FUENTE: IREN, 1966; Santibáñez et al., 1996 y CONAF.CONAMA, 1999.

19 El concepto de hectárea global corresponde a la productividad promedio de los suelos agrícolas del planeta. 1 hectárea global corresponde entonces a una hectárea de productividad biológica promedio global.
20 Loh, J. y M. Wackernagel. 2004.

Figura 5.2. Superficie por capacidad de uso (I a VII) (%).



S.I: sin información.

FUENTE: IREN, 1966; Santibáñez et al., 1996 y CONAF-CONAMA, 1999.

En el Cuadro 5.2 se muestran también datos sobre capacidad de uso de suelo por Región. Se destaca que la mayor cantidad de suelos con buenas aptitudes agrícolas se concentran en la zona Central y Centro Sur, desde las provincias de Aconcagua a Llanquihue.

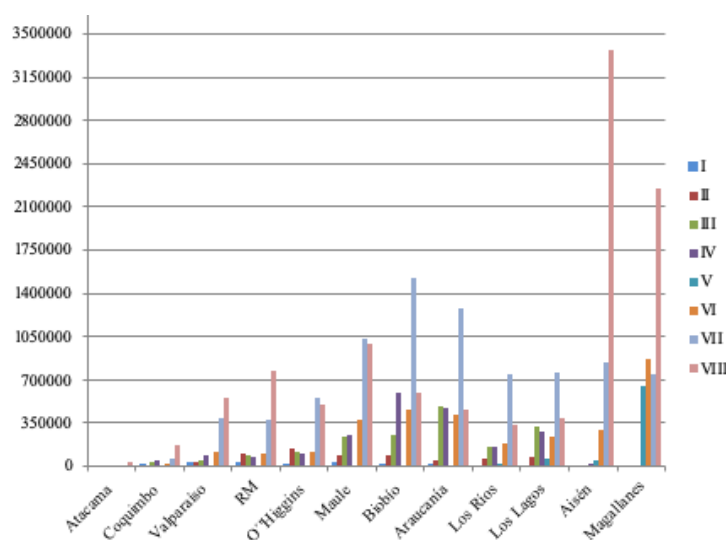
Cuadro 5.2. Superficie regional según su capacidad de uso (ha)

Capacidad de uso/ Región	I		II		III		IV		Subtotal		Subtotal		V	VI	VII	VIII
	Riego	Seca- no	Riego	Se- ca- no	Riego	Secano	Riego	Secano								
Atacama			6.621		6.671		3.829		17.121				976		5.020	39.400
Coquimbo	1.860		12.832	98	38.450	807	27.875		19.771	81.017	20.676	308	21.578		66.541	172.351
Valparaíso	24.065		36.851	499	33.760	18.831	25.044		58.793	119.720	78.123	342	115.281		387.651	551.015
RM	29.380		99.817		87.301	2.354	26.924		48.021	243.422	50.375	701	108.378		383.522	773.532
O'Higgins	19.415		138.861		92.455	25.099	30.834		76.158	281.565	101.257	4.035	115.894		558.441	502.334
Maule	23.218		83.703	4.058	183.983	57.320	147.695		109.905	438.599	171.283	2.534	375.166		1.030.456	993.736
Biobío	11.819	15	82.888	1.037	178.560	71.009	79.328		511.513	352.595	583.574	3.031	458.775		1.527.012	601.170
Araucanía	1.574		34.682	8.347	63.468	422.812	4.265		474.229	103.989	905.388	7.565	413.439		1.272.384	456.954
Los Ríos					61.117				162.704		388.193	23.399	180.010		744.973	330.379
Los Lagos					81.408				280.523		677.237	56.457	235.801		756.753	389.399
Aisén									19.208			49.695	291.133		835.614	3.370.810
Magallanes												652.207	868.719		750.456	2.250.857
Total Nacional		15	496.255		156.564	684.648	1.077.910	345.794	1.760.825	1.638.028	2.976.106	800.274	3.185.150		8.318.823	10.431.937

FUENTE: IREN, 1966; IREN 1961-1964 y IREN-DECSA 1966.

En la Figura 5.3 se grafican las superficies por categoría de suelo para cada región. Como se pone de manifiesto, los suelos de categoría I son los menos representados a lo largo del país, encontrándose mayoritariamente en las regiones Metropolitana y Valparaíso, zonas donde al mismo tiempo se concentra el mayor desarrollo urbano e industrial. Por otra parte, los suelos aptos para conservación están presentes mayoritariamente en la zona austral, correspondientes a las regiones de Aysén y Magallanes, lo que se condice con que en esta área del país se destinan la mayor cantidad de tierras a áreas protegidas.

Figura 5.3. Superficie regional según capacidad de uso (ha)



FUENTE: REN, 1966; IREN 1961-1964 y IREN-DECSA 1966.

5.1.3 Estado de conservación de los suelos

En esta sección se entiende el estado de conservación de suelos como el grado de mantención de sus propiedades físicas, químicas y biológicas. En esa misma línea, la degradación (o deterioro) de suelos se define como un cambio en sus propiedades que resultan en una disminución en la capacidad del suelo de brindar un determinado servicio ecosistémico. Los servicios ecosistémicos del suelo son proporcionados a través de las funciones del suelo y dependen directamente de las propiedades de estos. La degradación de los suelos es un problema de larga data en Chile, con diversos impactos negativos sobre la provisión de servicios ecosistémicos. La degradación de suelos tiene como expresión la reducción en la calidad del mismo (Cuadro 5.3), la que se expresa de distintas maneras y está conectada con otros problemas ambientales como la pérdida de biodiversidad, el cambio climático y la contaminación, entre otros. En esta sección se ha agrupado el estado de conservación de suelos desde el punto de vista de su degradación física, química y biológica con la escasa información disponible hasta la fecha.

Cuadro 5.3. Principales problemas de degradación de los suelos

Tipo de Degradación	Sub-tipo de Degradación
Degradación Física	Erosión
	Compactación y encostramiento
	Subsidencia
	Anegamiento
Degradación Química	Exceso y/o falta de nutrientes
	Acidificación/Alcalinización
	Salinización
	Polución (metales pesados, pesticidas, desechos industriales)
Degradación Biológica	Pérdida de materia orgánica
	Pérdida de biodiversidad

FUENTE: Modificado de Casanova et al., 2013.

5.1.3.1 Estado de degradación física

La degradación física de los suelos está relacionada principalmente con una disminución de la estructura del suelo que lleva a un incremento de la densidad aparente, una disminución de la porosidad e infiltración y por consiguiente un aumento en el escurrimiento superficial. Todo esto a la vez exacerba la susceptibilidad del suelo a sufrir procesos de erosión por acción del agua y del viento.

EROSIÓN²¹

La erosión es un fenómeno difícil de cuantificar, existiendo numerosas metodologías, tanto de campo como por modelos basados en datos satelitales que consideran rasgos superficiales y características del terreno, como curvatura y pendiente entre otras, las cuales tienen diferentes grados de incertidumbre y son difíciles de extrapolar ya que son muchos los factores que inciden sobre esta. A escala nacional, el catastro más reciente sobre el estado de la erosión en Chile es el realizado por CIREN en 2010²². Este estudio, publicado a escala 1:50.000 fue realizado con técnicas de percepción remota y análisis geomático, y no contó con puntos de control sistemáticos en todo el país, por lo que es importante señalar que se trata de un análisis referencial y no necesariamente refleja el estado de degradación física por acción antrópica de los suelos del país. Este trabajo más bien considera los rasgos de erosión superficial existentes (y visibles) en el terreno, pero no permite determinar la escala temporal de los procesos erosivos (tasa de erosión), ni tampoco permite distinguir si se trata de procesos inducidos naturalmente o por acción antrópica.

En cuanto a las tasas de erosión, a la fecha, el estudio más reciente a nivel nacional corresponde a la síntesis realizada por Carretier et al.²³, donde se analiza la erosión a diferentes escalas temporales en todo el territorio nacional, basado en más de 485 datos de erosión tanto locales como de cuenca para todo el país (Figura 5.4). La Figura 5.4 combina la estimación del estado de la erosión actual (rasgos de erosión superficiales), la erosión a escala geológica y las tasas de erosión modernas basadas en datos medidos en campo y los datos de sedimentos en suspensión en 66 cuencas²⁴. Si bien la zona norte presenta los mayores niveles de erosión basados en rasgos superficiales, es claro que estos se deben principalmente a una erosión de escala geológica de larga data, ya que ni las tasas de erosión naturales ni los sedimentos suspendidos reflejan tasas de erosión que puedan ser atribuidos a agentes antrópicos. De hecho, el área con precipitaciones menores a <100 mm correspondiente al norte grande, es donde se han medido las menores tasas de erosión a escala geológica en el planeta²⁵. Por lo mismo, el análisis de esta sección se centra principalmente desde la región de Coquimbo al Sur, ya que el estudio del ciclo erosivo como un fenómeno geológico escapa del objetivo de este capítulo. Los datos de sedimentos arrastrados por los cauces muestran un aumento desde las latitudes 18° S hacia el sur, llegando a un máximo en la latitud 35° S, para luego decrecer hacia latitudes más altas²⁶. Estos datos coinciden con los datos de erosión a escala geológica con los mayores gradientes de erosión presentes entre las latitudes 30° S y 40° S. En este sentido, la mayor erosión en el país tanto a escala geológica como moderna se produce en la zona central del país, con un máximo alrededor de los 35° S en la Región del Maule. Diversos estudios han señalado que la Cordillera de la Costa de la zona Mediterránea de Chile, entre las regiones de Valparaíso y Biobío es una de las zonas que más han sufrido de degradación de suelos por efecto antrópico²⁷.

21 La erosión es la remoción del suelo de la superficie de la tierra por el agua, viento o labranza. La erosión hídrica ocurre principalmente cuando el flujo superficial transporta partículas del suelo desprendidas por el impacto de las gotas de lluvia o la escorrentía superficial, a menudo dando lugar a canales claramente definidos, tales como surcos o cárcavas. La erosión eólica ocurre cuando el suelo seco, suelto, sin cobertura es sometido a fuertes vientos y las partículas de suelo se desprenden de la superficie del suelo y son transportadas a otro lugar. La erosión por labranza es el movimiento directo del suelo pendiente abajo por los implementos de labranza y resulta en la redistribución del suelo dentro de un campo. La erosión es un proceso natural pero la tasa de erosión es típicamente incrementada (o acelerada) por la actividad humana.

22 Flores et al., 2010.

23 Carretier et al., 2018.

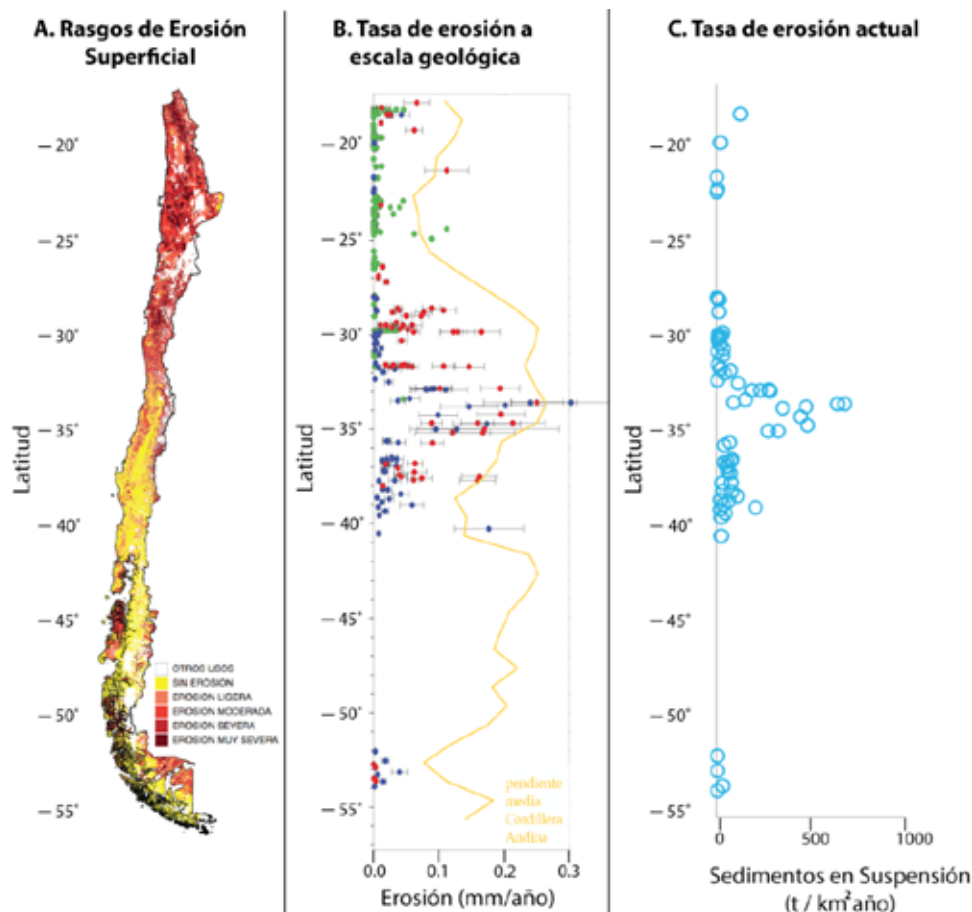
24 Pepin et al., 2010.

25 Owen et al., 2011.

26 Pepin et al., 2010.

27 Armesto et al., 2010.

Figura 5.4. Erosión de suelos a escala nacional, basados en: A. Rasgos superficiales de erosión (CIREN, 2010); B. Tasas de erosión a diferentes escalas (verde: erosión local; rojo: erosión a escala de cuenca de larga data; azul: erosión en base a sedimentos en suspensión; (Carretier et al., 2018); C. Tasas de erosión actual basados en carga de sedimentos en 66 cuencas (Pepin et al., 2010).



FUENTE: CIREN, 2010, Carretier et al., 2018 y Pepin et al., 2010.

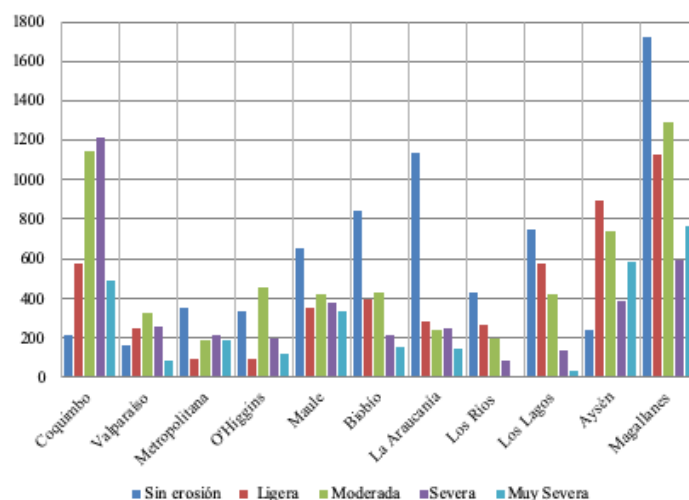
Según un estudio de erosión del INIA²⁸ y dejando fuera la zona del Norte Grande, las regiones de Coquimbo y Magallanes presentan las mayores superficies con rasgos de erosión, seguidas por las regiones de Los Lagos, del Maule y el Biobío (Figura 5.5, Cuadro 5.4). En la región de Coquimbo, con un 84% de su territorio afectado por erosión, la principal degradación estaría en los Valles, seguidos por la Cordillera de la Costa²⁹. Entre las regiones Metropolitana y el Maule, la mayor degradación por erosión se da en la Cordillera de la Costa (Figura 5.6, Cuadro 5.5) lo que coincide con numerosos estudios que la señalan como una de las zonas más erosionadas del país³⁰.

28 Pérez, C. y J. González, 2001.

29 IPCC. 2019.

30 Luzio, W. 2010.

Figura 5.5. Estados de erosión de suelos (ha)



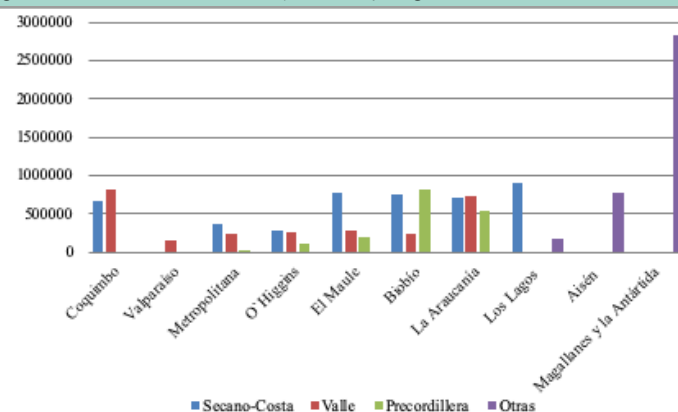
FUENTE: Pérez y González, 2001.

Cuadro 5.4. Superficie regional por grados de erosión (ha)

Región	Sin erosión	Ligera	Moderada	Severa	Muy Severa	No Aparente	Otras categorías
Coquimbo	210	572	1142	1214	492	26	404
Valparaíso	162	244	325	258	80	163	368
Metropolitana	354	93	189	213	187	68	435
O'Higgins	331	96	454	197	115	126	320
Maule	656	349	416	378	336	453	446
Biobío	840	393	429	212	149	1444	245
La Araucanía	1132	280	241	244	146	944	199
Los Ríos	427	262	198	80	6	688	177
Los Lagos	751	575	423	139	33	2143	770
Aysén	235	895	743	383	583	4551	3407
Magallanes	1721	1123	1289	590	761	3090	4633

FUENTE: Pérez y González, 2001.

Figura 5.6. Suelos erosionados por zona y Región (ha)

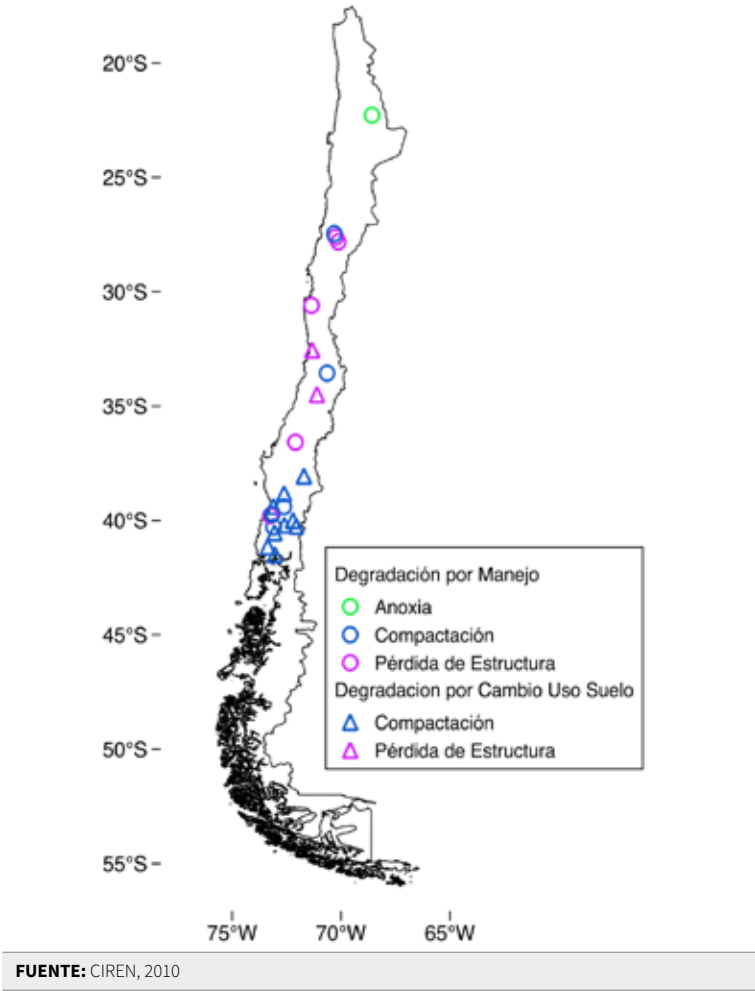


FUENTE: Pérez y González, 2001.

Cuadro 5.5. Suelos erosionados por Región y zona. (ha)				
Región	Secano-Costa	Valle	Precordillera	Otras
Coquimbo	676712	819607	0	0
Valparaíso	0	165710	0	0
Metropolitana	359417	247001	31894	0
O` Higgins	287938	261070	119678	0
Maule	765786	294155	188129	0
Biobío	758873	245851	811847	0
La Araucanía	707266	743564	543208	0
Los Lagos	909960	0	0	174702
Aisén	0	0	0	772057
Magallanes y la Antártida	0	0	0	2819045
FUENTE: Pérez y González, 2001.				

Por otra parte, en cuanto a la distribución de los suelos en Chile según nivel de erosión (Figura 5.7), la erosión severa y muy severa alcanza en Chile un 9 y 15% respectivamente, mientras que los suelos sin erosión corresponden solo al 9% del país.

Figura 5.7. Distribución de los suelos según grado de erosión.

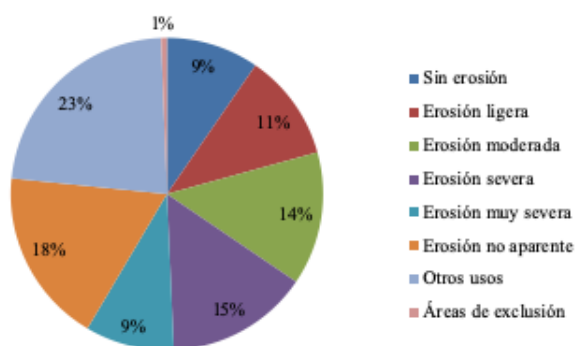


DEGRADACIÓN FÍSICA NO-EROSIVA

La degradación física no-erosiva del suelo involucra una amplia gama de problemas y procesos dentro de los cuales se puede mencionar el encostramiento, la reducción de permeabilidad, compactación, aireación pobre, subsidencia y pérdida de estructura. Estos procesos a la vez exacerban la susceptibilidad del suelo a sufrir procesos de erosión por acción del agua y del viento. No existen estudios que sinteticen la degradación física no-erosiva del suelo en Chile. Sin embargo, se han realizado una serie de trabajos que señalan la presencia de problemas de degradación física en diversas regiones del país, con énfasis en la zona central.

La Figura 5.8 sintetiza algunos trabajos de degradación física no-erosiva que cuentan con coordenadas de referencia en el país. En general, los problemas de degradación física se pueden atribuir a dos grandes causas: el cambio de uso de suelo y el mal manejo de estos, siendo los problemas detectados en la literatura para Chile la anoxia (o escasez de oxígeno en el espacio poroso), la compactación y la pérdida de estructura del suelo.

Figura 5.8. Problemas de degradación física no-erosiva.



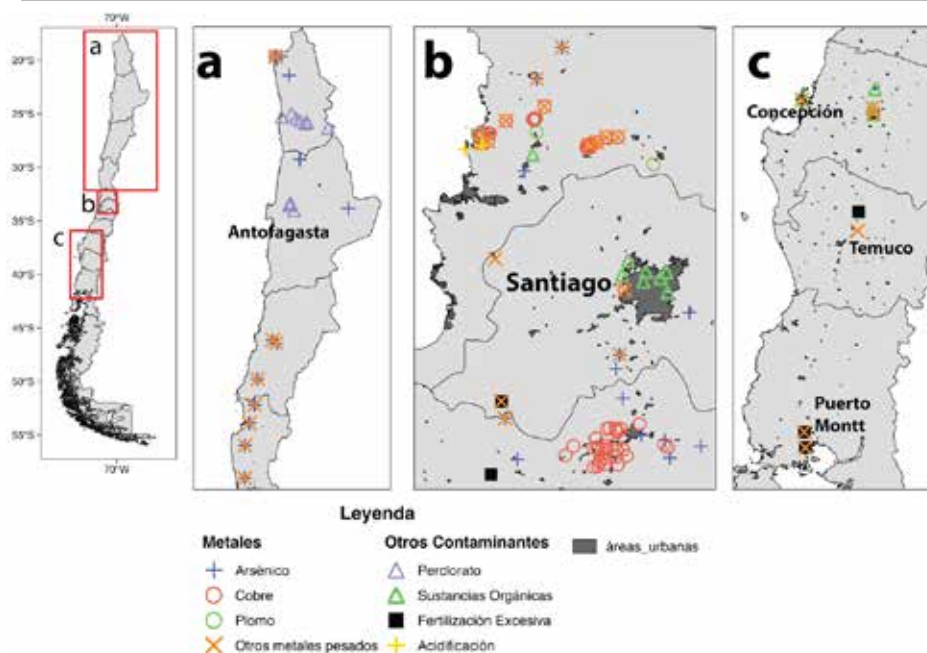
FUENTE: Casanova et al., 2013; Dorner et al., 2010a-b; Dorner et al., 2017; Ellies, 1995; Ferreyra et al., 1997; Fleige et al., 2016; Gayoso e Iroumé, 1991; Hernández et al., 2016; Martínez et al., 2008; Muñoz et al., 2012; Sandoval et al., 2007 y Seguel et al., 2015.

ESTADO DE CONSERVACIÓN QUÍMICA

En Chile existen principalmente tres procesos de degradación química de los suelos: la acidificación, la salinización y la contaminación. Es importante considerar que en nuestro país existen algunas zonas que por condiciones naturales contienen suelos con altas concentraciones de sales o metales pesados, y que estas condiciones no necesariamente se deben a un proceso de degradación química por acción antrópica. Sin embargo, la vulnerabilidad de un suelo a sufrir procesos de degradación química depende del estado inicial del suelo y de sus propiedades; a modo de ejemplo, un suelo que contiene altos contenidos de sales de manera natural es más susceptible de ser degradado por procesos de salinización que un suelo con bajos contenidos de sales naturales.

La Figura 5.9 muestra la distribución de algunos problemas de degradación química de los suelos del país, incluyendo suelos ubicados en zonas urbanas y periurbanas. La zona norte tiene suelos que naturalmente tienen altos contenidos de perclorato y arsénico, aunque este último elemento también se puede encontrar en altas concentraciones en la zona central por efecto de actividades antrópicas. La zona central es la que cuenta con el mayor número de datos con problemas de contaminación química, los que se concentran principalmente en localidades de las cuencas de los ríos Aconcagua, Maipo y Cachapoal. La zona centro sur cuenta con reportes puntuales y aislados de metales pesados, sustancias orgánicas y exceso de fertilización, mientras que para la zona austral no se encontraron datos de degradación química.

Figura 5.9. Distribución de problemas de degradación química de suelos



FUENTE: Antilen et al., 2006; Bundschuh et al., 2002; Cáceres et al., 2009; Cáceres et al., 2013; Calderón et al., 2014; Calderón et al., 2016; Cazanga et al., 2008; Corradini et al., 2017; De Gregori et al., 2000; Donoso et al., 1999; Albornoz y Cartes, 2009; FIA, 2009; Gidhagen et al., 2002; Gonzalez et al., 2014; Henríquez et al., 2006; Lybrand et al., 2016; Molina et al., 2009; Núñez et al., 2010; Pinochet et al., 1999; Pizarro et al., 2010; Molina-Roco et al., 2018; Salazar et al., 2018; Takazawa et al., 2004; Tchernitchin et al., 2006; Tume et al., 2008; Tume et al., 2018 y Verdejo et al., 2016.

ACIDIFICACIÓN

En Chile, la acidez natural de los suelos sigue una tendencia que va acorde al régimen de precipitaciones de éstos. La Figura 5.10 muestra un análisis en base a 710 perfiles de suelo, donde se observa que los valores de pH decrecen desde el extremo norte hacia el centro sur, para luego volver a incrementarse hacia el extremo sur. Los suelos más ácidos se encuentran alrededor de los 42°S en la región de Los Lagos, son principalmente Andisoles (trumaos) y Ultisoles (rojo arcillosos), y están ubicados en un clima con precipitaciones por sobre los 800 mm/año³¹. Los suelos con un pH <5,8 son particularmente susceptibles a sufrir fitotoxicidad por exceso de aluminio disponible, lo que se puede acentuar con un mal manejo que implique aplicaciones excesivas de fertilizantes nitrogenados que aumentan la acidez, o en zonas cercanas a plantas de fundición de metales^{32,33}.

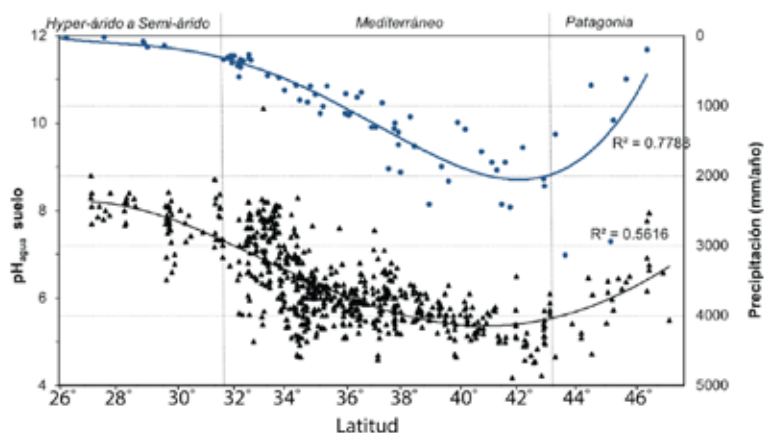


Figura 5.10. Precipitaciones medias anuales (azul) y acidez (negro) superficial de suelos en un gradiente latitudinal en Chile (modificado de Casanova et al., 2013)

FUENTE: Casanova et al., 2013.

31 Casanova et al., 2013.

32 Sadzawka, A. 2006.

33 León, O. y M. Carrasco. 2011.

SALINIDAD Y SODICIDAD

Según el inventario global de recursos terrestres de la FAO³⁴, Chile tiene alrededor de 759.000 ha de suelos afectados por salinidad y otros 33.000 ha afectados por sodicidad. La mayoría de esta superficie se encuentra en el norte del país, donde las sales se acumulan naturalmente debido a la escasa precipitación existente. Los escasos suelos agrícolas encontrados en la zona norte del país son particularmente susceptibles de sufrir procesos de salinización por mal manejo que provoquen serios problemas de degradación, principalmente por el uso de agua de riego deficitario con altos contenidos de sales.

CONTAMINACIÓN

Se entiende por contaminación de un suelo a la presencia de un químico tóxico en el suelo, el cual en altas concentraciones tiene un efecto negativo sobre la salud humana o el ecosistema. La introducción de un contaminante puede estar dada por la actividad humana o ser de origen natural³⁵. A grandes rasgos, los contaminantes del suelo se pueden dividir en contaminantes de origen orgánico y aquellos inorgánicos.

- Sustancias orgánicas contaminantes

Dentro de este concepto se agrupan una gran cantidad de compuestos orgánicos manufacturados como los solventes, cosméticos, refrigerantes, preservantes, pesticidas, herbicidas y antibióticos, además del petróleo y todos sus derivados. Muchos de estos compuestos son extremadamente tóxicos para los organismos, incluidos los humanos. Debido al intensivo uso en casi todas las actividades humanas, los compuestos orgánicos sintéticos se pueden encontrar en casi todos los ambientes. Los compuestos orgánicos más comunes en los suelos son los pesticidas, debido a su uso intensivo en la agricultura, mientras que los otros compuestos tienden a presentarse de forma más localizada. Uno de los grandes problemas de los pesticidas es su persistencia en el suelo. Si bien en Chile no hay levantamientos a escala nacional de este problema en el suelo, es esperable que se encuentren en distintos niveles en toda la zona de uso agrícola intensivo^{36 37 38 39}. La información sobre otros compuestos tóxicos orgánicos es sumamente escasa y puntual, habiéndose detectado su presencia tanto en suelos agrícolas como en suelos urbanos.^{40 41 42 43 44}

- Perclorato

El perclorato ocurre naturalmente en suelos de zonas áridas alrededor del mundo al caer de la atmósfera y acumularse en ambientes con escasa precipitación. El Desierto de Atacama en Chile tiene los suelos con mayores contenidos naturales de perclorato del mundo⁴⁵. El perclorato en el Desierto de Atacama se distribuye ampliamente de manera natural en los suelos de las regiones de Tarapacá y Antofagasta; éste se encuentra junto con los depósitos de nitratos que son explotados para su utilización como fertilizante nitrogenado, los que a su vez se convierten en una fuente de percloratos para suelos donde son aplicados⁴⁶. Se ha reportado que los fertilizantes de nitratos provenientes del caliche chileno tienen contenidos entre 0,01% y 0,03% de perclorato, el cual no es eliminado en los procesos productivos, acumulándose de manera sostenida en los suelos de las zonas agrícolas del país, con el potencial de contaminar las aguas subterráneas de zonas sin presencia natural de este compuesto. Numerosos estudios demuestran la acumulación de perclorato en frutas, verduras y productos derivados como el vino^{47 48 49}. Si bien no hay consenso sobre el efecto negativo del perclorato sobre el medio ambiente y la salud humana, existen normas que restringen el contenido de este compuesto tanto en los EEUU y de la Unión Europea⁵⁰, por lo que la presencia de perclorato en los alimentos que son exportados a esos países puede generar un potencial problema en el futuro para la industria exportadora.

34 Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). 2010.

35 Chesworth, W. 2007.

36 Flores et al., 2009.

37 Hernández et al., 2008.

38 Seeger et al., 2010.

39 Suárez et al., 2013.

40 Cáceres-Jensen et al., 2009.

41 Cáceres-Jensen et al., 2013.

42 Corradini et al., 2019.

43 Muñoz-Quezada et al., 2012.

44 Takazawa et al., 2004.

45 Lybrand et al., 2016.

46 Calderón et al., 2014b.

47 Calderón et al., 2017.

48 Calderón et al., 2014a.

49 Wang et al., 2009.

50 EFSA. 2014.

- Fertilizantes

Los fertilizantes generan problemas ambientales que principalmente guardan relación con su uso excesivo y con la presencia de contaminantes asociados a estos. En el primer caso, el exceso de nutrientes, no aprovechados por los cultivos, como por ejemplo el nitrato (NO_3^-) y el ortofosfato (PO_4^{3-}), puede perderse del perfil de suelo por procesos de lixiviación y escurrimiento superficial. Esto genera problemas de eutrofización en sistemas hidrológicos, reduciendo los niveles de oxígeno e impactando directamente la salud de los ecosistemas⁵¹. De hecho, en Chile una de las principales causas de la eutrofización de sistemas lacustres y cursos de agua se ha asociado precisamente a la fertilización excesiva de suelos de uso agrícola. Por otro lado, problemas de contaminación también pueden ocurrir por el uso de fertilizantes que traen asociados elementos que representan riesgos para la salud humana y ambiental. Como se ha mencionado anteriormente, el uso de fertilizantes nitrogenados naturales contiene perclorato. En otros casos, el sobre uso de fertilizantes fosfatados con concentraciones importantes de metales pesados, como por ejemplo el cobre y arsénico, ocasionando una acumulación de estos en los suelos y un riesgo latente de ingreso a cadenas tróficas^{52 53 54}. El sobre uso de fertilizantes fosfatados es de especial relevancia en la zona centro-sur del país, caracterizada por la presencia de suelos volcánicos con alta capacidad de retención de fósforo debido a su mineralogía, donde la aplicación de este vital elemento se hace en grandes cantidades.

- Boro⁵⁵

El boro es un elemento fundamental para el desarrollo de los vegetales, sin embargo en altas concentraciones es tóxico. En Chile, este elemento es naturalmente abundante en el extremo norte, mientras que en la zona mediterránea existen zonas con deficiencia de boro.

En el norte de Chile existen valles de uso agrícola que, aunque presentan condiciones agroclimáticas favorables para la agricultura, también presentan altas concentraciones de boro, situación que restringe su explotación a cultivos resistentes a este elemento. Cuando los suelos se encuentran contaminados con este elemento, solo es posible cultivar especies altamente tolerantes como maíz choclero, alfalfa, cebolla, ajo y betarraga, por lo que el abastecimiento de otras hortalizas debe suplirse con la exportación de otras regiones, encareciendo sus precios.

En Chile, la ulexita es la fuente natural de boro más importante, la cual se encuentra en los salares ubicados a gran altitud y usualmente, en la cabecera de fuente de aguas superficiales como el de Surire en la provincia de Parinacota. Esto ha generado que diferentes lugares del norte del país estén constituidos por valles de uso agrícola “boratados”, tanto en sus aguas superficiales como en el suelo. El contenido de boro en algunos ríos del norte del país se presenta a continuación en el Cuadro 5.6, contenido que en algunos casos limitan fuertemente el potencial agrícola de los valles, afectando particularmente a los suelos de Arica. Si bien experiencias de remoción de boro en aguas de regadío del valle de Lluta han demostrado que es posible retirar este elemento y ampliar el espectro de cultivos en la zona, el ascenso capilar con aguas ricas en boro desde napas subterráneas resulta en una continua presencia de este elemento en suelos agrícolas.

La presencia de boro también perjudica a la población humana a través del consumo de agua potable. Esto, ya que el agua de consumo en algunos casos excede a los 0,3 mg/l, valor máximo recomendado por la norma dictada por la Organización Mundial de la Salud (OMS) respecto al agua potable.

Cuadro 5.6. Concentración de boro en aguas para riego en el Norte Grande

Sector	Fuente de agua	Boro (mg/l)
Lluta 1	Canal del río Lluta km 15	16.6
Lluta 2	Canal del río Lluta km 25	9.5
Chiza 1	Vertiente canalizada	2.2
Chiza 2	Vertiente en surgencia	1.9
Suca	Vertiente	1.9
Miñi-Miñe	Vertiente	1.3
Quipinta	Vertiente	3.1

Casablanca	Canal río Quebrada de Tarapacá	6
Loanzana	Canal río Quebrada de Tarapacá	4.6
Guatacondo	Vertiente	1.8
Copiapó	Canal río Copiapó	1.4
Huasco	Canal río Huasco	0.9
Taltal	Pozo	1.2
Toconao	Canal superficial	0.6
San Pedro	Canal superficial	1.1

FUENTE: Figueroa et al., 1998.

51 Pizarro et al., 2010a.

52 Bonomelli et al., 2002.

53 Escudey et al., 2004

54 Molina et al., 2009.

55 Alborno, G. y M. Cartes. 2009.

- Arsénico

El norte de Chile posee altos contenidos de arsénico en aguas y suelos que son de origen natural, el que ha afectado a las poblaciones humanas desde la prehistoria⁵⁶. Si bien el As se encuentra de forma natural en los sistemas acuáticos y terrestres del norte grande, la intensa actividad minera de la zona ha aumentado su presencia a niveles muy elevados, habiendo sido detectado el elemento en partes comestibles de frutas y verduras. En la zona central de Chile también se ha detectado arsénico tanto en suelos agrícolas como suelos urbanos, principalmente en los valles del Aconcagua, Maipo y Cachapoal, lo que es atribuido a la presencia de actividades industriales como la minería^{57 58}.

- Otros elementos contaminantes

Existe otra serie de elementos que en exceso tienen un efecto tóxico y que se acumulan en el suelo, dentro de los cuales se puede encontrar el Cadmio, Cromo, Cobre, Plomo, Mercurio, Níquel, Selenio y Zinc. Algunos de estos elementos son esenciales para los ciclos biológicos y por ende se consideran micronutrientes (Ej. Cu, Se, Zn, Cr). En Chile, existen diversas fuentes de estos contaminantes que terminan en el suelo, dentro de las que se puede destacar el riego, las emisiones industriales (RILES y atmosféricas), los insumos agrícolas y los lodos provenientes de las plantas de tratamiento de aguas servidas. Las aguas de la zona norte de Chile tienen naturalmente altos contenidos de As, Cu, Cr, Mo, Cd, Pb, Hg y SO_4 , ya sea por causas naturales o bien por acción antrópica. El riego con estas aguas provoca una concentración de estos elementos en el suelo, los que pueden provocar problemas en la salud al ser asimilados por plantas de consumo humano, o bien al incorporarse material particulado a la atmósfera por erosión eólica. (Cuadro 5.7)

En Chile, es particularmente preocupante el uso de agua de riego con altos niveles de contaminantes en la zona norte, ya que la aridez de la zona hace que estos elementos se acumulen a mayores tasas. De hecho existen casos críticos como el río Elqui, que presenta altos contenidos de As, Cu y Pb en las aguas de riego⁵⁹. Es esperable que los contenidos de metales pesados en suelos de zonas urbanas sean altos, sin embargo los datos hasta ahora son muy escasos^{60 61}. Muchos suelos alledaños o río abajo de zonas urbanas presentan altos niveles de contaminación por efecto del riego con aguas servidas antes que estas fueran tratadas⁶².

Cuadro 5.7. Contenido total promedio de elementos (mg/kg ss¹) en los estratos superficiales de algunos suelos

Valle (Región)	Cobre	Plomo	Cinc	Cadmio	Arsénico	Manganeso
Huasco	31	15	81	<2,5		739
Elqui	87	31	179	<2,5		876
Limarí	65	33	92	<2,5		-
Ligua	72	8	81	0,19	8,2	-
Aconcagua	128	56	29	0,3		-
Puchuncaví	543	53	95	0,91	43,3	-
Mapocho	197	29	150	1,02		-
Maipo	72	24	107	0,45		921
Cachapoal	427	26	136	<5		678 (ribera norte)
						726 (ribera sur)
Tinguiririca	54	20	95	<3		687
Mataquito	38	18	82	<1		696
Maule	28	21	65	<1		688 (ribera norte)
						702 (ribera sur)

56 Bundschuh et al., 2012.

57 De Gregori et al., 2003.

58 Berasaluce et al., 2019.

59 Pizarro et al., 2010b.

60 Tume et al., 2008.

61 Tume et al., 2018.

62 Schalscha, B. y T. Ahumada. 1998.

Biobío	31	16	67	<1		957
IX Región	50	23	67	<1		2019
X Región	35	20	46	<1		999
Simpson	13	-	50	<1		888
Contaminación ligera*	100-200	500-1000	250-500	1-3	30-50	500-1000
Contaminación moderada*	200-500	1000-2000	500-1000	3-10	50-100	1000-2000
Contaminación severa*	>500	>2000	>1000	>10	>100	>2000

*Rangos de Contaminación según norma Inglesa ICRL 59/83

FUENTE: SAG y Universidad de Chile, 2005.

5.1.3.3 Estado de conservación biológica

Se estima que un cuarto de las especies de la Tierra viven en el suelo, un gramo de suelo puede llegar a contener hasta un billón de células de bacterias consistentes en decenas de miles de taxas, constituyéndose por tanto el suelo en un ecosistema diverso, que cumple una serie de funciones que son vitales para el equilibrio terrestre. Dentro de estas funciones esenciales está procesar los desechos orgánicos provenientes de plantas, animales y humanos, regular el ciclo del carbono y del agua, controlar poblaciones de organismos patógenos y descontaminar desechos tóxicos; además es la principal fuente de fármacos de control antibiótico. A pesar de su importancia, se sabe muy poco de la biología de los suelos. En esta sección se realiza una síntesis en base a algunos trabajos publicados sobre biodiversidad (macro, meso y microorganismos) y materia orgánica de los suelos. De esta última, si bien solo una parte está constituida de organismos vivos, se considera aquí por estar íntimamente ligada a las propiedades y funciones biológicas del suelo.

BIODIVERSIDAD

• Microorganismos

Los microorganismos del suelo, o microflora edáfica, juegan un rol esencial en los ciclos biogeoquímicos del suelo entre los que se encuentran la intervención en procesos de fijación del nitrógeno atmosférico, liberación o retención de gases de efecto invernadero, descomposición de desechos o residuos orgánico y redistribución de nutrientes, degradación de pesticidas, supresión o control de patógenos asociados a plantas, y producción de compuestos bio-activos como vitaminas, hormonas y enzimas que estimulan el crecimiento de las plantas, entre otros, por lo que la biodiversidad de los microorganismos del suelo es un factor clave para un desarrollo sostenible.

Por tal motivo parece razonable incluir la biodiversidad de los microorganismos como un factor crítico al enfrentar el análisis de la degradación de los suelos. Los recientes avances en genómica y herramientas informáticas han ampliado la capacidad para caracterizar la biodiversidad de suelos. Estudios basados en el marcador ribosomal 16S han redefinido e incrementado nuestro conocimiento sobre la diversidad microbiana del planeta. Cálculos simples de la diversidad microbiana del suelo permiten estimar un rango promedio de 3.000 a 11.000 genomas distintos por gramo de suelo, alcanzando un millón de especies por tonelada.

Como ejemplo de las diversas funciones que cumplen estos organismos se encuentran las bacterias capaces de fomentar el crecimiento de las plantas, conocidas como bacterias promotoras del crecimiento vegetal o PGPB (por sus siglas en inglés plant growth promoting bacteria). Las PGPB son capaces de promover el crecimiento vegetal a través de la producción de auxina, fijación de nitrógeno y solubilización de fosfato entre otros. Estudios recientes en nuestro país, especialmente en algunas regiones, permiten tener las primeras estimaciones del estado de la biodiversidad microbiana de suelos y realizar una comparación con otras regiones del planeta. En esta sección, se entregan algunos antecedentes sobre la biodiversidad de comunidades de microorganismos del suelo, utilizando información recopilada en artículos que informan sobre la microbiología ambiental de los suelos en Chile. Sin embargo, también se han incluido las incógnitas que limitan nuestra capacidad de predecir el efecto que tendrá el cambio climático sobre la biodiversidad de microorganismos y calidad de los suelos en el país.

Como se menciona en la sección 5.2.4.2.1, suelos con un pH ácido (pH<5.8) son particularmente susceptibles a sufrir fitotoxicidad por exceso de aluminio disponible, lo que se puede acentuar con un mal manejo que implique aplicaciones excesivas de fertilizantes nitrogenados. El 50% de la producción de cereales se genera en el sur de Chile, una zona donde aproximadamente un 60% corresponden a suelos volcánicos derivados de cenizas ácidas (Andisoles), caracterizados por valores de pH de 4,5 a 5,5.

En estos valores de pH, el Al solubilizado queda disponible para ser absorbido por las raíces de las plantas, limitando la producción

de los cultivos al reducir la absorción de nutrientes y aumentar la acumulación de especies reactivas de oxígeno. En este contexto, la presencia de microorganismos del suelo es una herramienta útil y amigable con el medio ambiente para aliviar los efectos tóxicos del Al en el crecimiento de las plantas. En particular, la colonización de la raíz por hongos micorrícicos arbusculares simbióticos y bacterias pueden aumentar la resistencia de las plantas a la acidez y los niveles fitotóxicos de Al en el ambiente. Estudios sobre la composición de microorganismos asociada a las raíces (rizósfera y endósfera) de cultivo de cereales y pastizales en Andisoles en Chile, indican una gran diversidad de bacterias en estos suelos, incluyendo la presencia de bacterias fijadoras de nitrógeno de los filo Proteobacteria, Actinobacteria, Bacteroidetes y Firmicutes.

Sin embargo, el conocimiento sobre las poblaciones bacterianas de fijación de nitrógeno asociadas con plantas es aún muy limitado. De acuerdo con Rilling et al. (2018), es crítico realizar un estudio exhaustivo sobre la abundancia, diversidad y actividad de las poblaciones bacterianas que fijan nitrógeno, a fin de implementar el uso de nuevos fertilizantes y estrategias agronómicas de gestión que permitan procesos de fertilización amigables con el ambiente, que además disminuyan el costo para los agricultores.

El ecosistema mediterráneo en Chile central posee una gran diversidad de plantas vasculares y es una de las regiones más importante de la producción de vino. Sin embargo, los cambios que introduce esta práctica agrícola pueden tener efectos importantes sobre la biodiversidad del suelo, principalmente debido a que modifica sus propiedades físicas y químicas. Análisis del efecto de estos cambios en la viticultura sobre la diversidad taxonómica y funcional de la comunidad de bacterias y hongos presentes en los suelos y plantas de viñedos en Chile central han sido recientemente descritos.

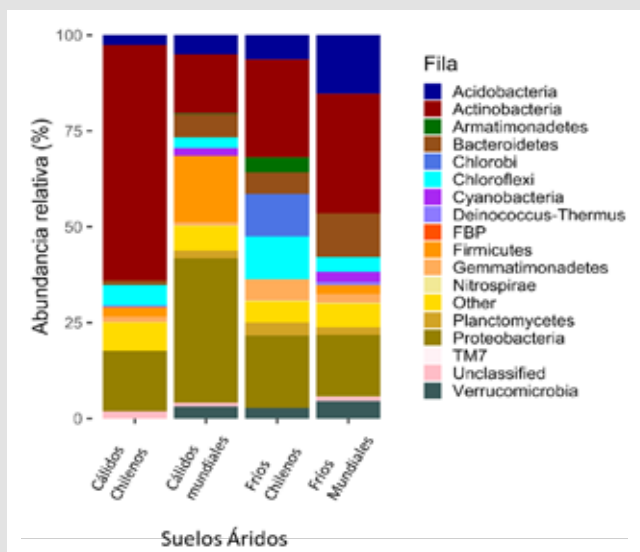
Mediante la comparación de suelos del bosque nativo circundante a los viñedos, los autores han podido establecer una línea de base de las condiciones del suelo en el área antes del establecimiento del viñedo. Los resultados de análisis metagenómicos sugieren que el suelo del bosque nativo puede constituir una reserva de biodiversidad de microorganismos y reducir los cambios derivados del cambio en el uso del suelo. Interesantemente, la actividad metabólica de los microorganismos parece ajustarse en una forma que no depende de la estructura taxonómica de la comunidad de microorganismos. Aunque se requiere ampliar a nuevos escenarios este tipo de estudios, es razonable pensar que la implementación de prácticas amigables con el medio ambiente por parte de la industria del vino puede ayudar a mantener la diversidad microbiana y las funciones del ecosistema asociadas con los hábitats naturales.

Recuadro 1. Biodiversidad de microorganismos del suelo asociado a plantas en ambientes naturales: la región de Atacama como laboratorio natural

Dos estudios recientes se han realizado sobre la composición, diversidad e interacción de las comunidades bacterianas asociadas a plantas nativas en ambientes extremos de Chile, en el desierto de Atacama (Zhang et al., 2019; Fernández-Gómez et al., 2019). En particular, las plantas *Distichlis spicata*, *Pluchea absinthioides* fueron muestreadas en un sitio próximo a la laguna Cejar (Zhang et al., 2019) y *Calamagrostis crispera*, *Nassella nardoides*, *Jarava frígida*, y *Pycnophyllum bryoides* en la ladera oeste de la Cordillera de los Andes, en la región de Atacama (Fernández-Gómez et al., 2019). El análisis meta genómico indica que, en general, entre plantas y bacterias se establecen interacciones especie-específica, lo cual sugiere que la disponibilidad de determinados microorganismos en el ambiente puede ser un factor clave para un reclutamiento especie-específico (Bulgarelli et al., 2013). En este contexto, los datos sugieren que el compartimento endófito de las plantas de la región oriental del desierto de Atacama, contiene bacterias que provienen de la rizósfera, la cual representa un subconjunto de las bacterias disponibles en el suelo desnudo que rodea la planta (Fernández-Gómez et al., 2019; Zhang et al., 2019). En esta región del norte del país, Mandakovic et al. (2018), generaron una base de datos de cerca de tres millones de secuencia de 16S rRNA a partir de DNA obtenido del suelo desnudo en ambientes no intervenidos, la cual permite identificar una diversidad de 4.437 especies de bacterias cuya distribución es explicada principalmente por el valor de pH del suelo. Un ejemplo de estudios de biodiversidad de microorganismos de suelo a nivel de país lo constituye el realizado por Karimi et al. (2018), en el cual un conjunto de 2.173 muestras de suelo que cubren todo el territorio francés fue realizado mediante técnicas de secuenciación masiva. Los resultados del estudio permiten establecer que los principales factores que determinan la biodiversidad de bacterias y arqueas son la textura del suelo, el pH y la cantidad de materia orgánica, información clave para monitorear y prevenir la degradación del suelo en función de los cambios de uso, especialmente asociado a la viticultura. Desde un punto de vista biogeográfico, también es importante conocer si la biodiversidad de microorganismos en los suelos de la región de Atacama se diferencia de otros suelos áridos del planeta. La Figura muestra que la proporción de bacterias de suelos áridos no agrícolas pertenecientes a diferentes filos varía respecto del patrón a nivel mundial (Vázquez et al., 2019; en preparación). El resultado indica que especies del filo Actinobacteria están más representadas en suelos áridos de Chile. Lo contrario sucede con miembros de los filo Proteobacteria y Firmicutes, lo cual sugiere que existen factores que nos diferencian de los suelos áridos presentes en otras regiones desérticas del planeta. Una colección de 100 especies de bacterias aisladas de la región de Atacama fue generada con el propósito de rescatar bacterias del suelo con potencial aplicación biotecnológica (Maza et al., 2019). Interesantemente, 16 especies presentaron potencial actividad PGP la cual puede permitir utilizar especies nativas de bacterias para programas de mejoramientos de suelos agrícolas en el norte de Chile. Considerados en conjunto, este tipo de estudio es necesario para conocer con precisión la diversidad de comunidades bacterianas del suelo asociado a plantas y establecer una línea base que permita evaluar el impacto de cambios en la calidad del suelo en nuestro país.

Las barras verticales representan promedios de abundancias relativas de muestras extraídas de artículos incluidos en la búsqueda sistemática.

Estructura de las comunidades bacterianas de suelos áridos según la temperatura media anual



Las barras indican abundancia relativa coloreadas por filas bacterianas, están sorteadas de acuerdo a la temperatura media anual clasificada como fría (-20-14°C) y cálidos (15-30°C) de forma local (suelos chilenos) y mundial.

FUENTE: Fernández-Gómez et al., 2019; Karimi et al., 2018; Mandakovic et al., 2018; Maza et al., 2019; Zhang et al., 2019 y Vázquez et al., 2019.

• Fauna edáfica

La fauna de suelo se puede clasificar según su tamaño (referido por ejemplo al ancho corporal) en megafauna (> 20 mm), macrofauna (2 - 20 mm), mesofauna (0.1 – 2 mm) y microfauna (< 0.2 mm).

Megafauna y Macrofauna:

Miles de organismos viven permanente o temporalmente en el suelo. Al igual que en la microfauna del suelo, los estudios destinados a comprender la fauna del suelo no son muy extensos, principalmente por la inmensa diversidad de organismos, pero también debido a que la importancia de estos organismos y sus funciones no es del todo comprendida. Los organismos más grandes que habitan el suelo son principalmente roedores, los cuales a pesar de su bajo número comparativo con otros organismos pueden jugar un rol fundamental en la formación y función del suelo debido principalmente a la mezcla y movimiento del material. En Chile, además de las dos especies introducidas de roedores existentes, se destacan por dos especies nativas de mamíferos subterráneos, el Degú (*Octodon degus*) y cururo (*Spalacopus cyanus*) los que jugarían un rol importante en el desarrollo de suelos de ladera en la Cordillera de la Costa de Chile central⁶³. Otros vertebrados que juegan un rol importante en cuanto a la bioturbación de suelo son los reptiles que en Chile alcanzan las 107 especies terrestres, dentro de los cuales se puede destacar las lagartijas del género *Liolaemus* con 12 especies.

El Cuadro 5.8 presenta algunos taxos de macrofauna con organismos descritos para el suelo en Chile. En cuanto a los invertebrados, se puede destacar las lombrices de tierra y una serie de taxos pertenecientes al filo de los artrópodos que pasan parte de su ciclo bajo el suelo. Las lombrices de tierra (*Oligochaeta*) son conocidas por su efecto benéfico por ser descomponedoras de material detrítico de origen vegetal o animal y al no alimentarse de plantas vivas no constituyen plagas. En los ambientes alterados, la especie más conocida es la introducida lombriz californiana (*Eisenia foetida*), mientras que del resto de las 84 especies conocidas para Chile tanto endémicas como introducidas, apenas se conoce su biología. Destacan dentro de los insectos el grupo de las abejas (*Apoidea*) con 373 especies, muchas de ellas nidifican en el suelo, algunas llegando a realizar túneles que llegan hasta los 70 cm de profundidad⁶⁴. El grupo taxonómico más numeroso dentro de la macrofauna edáfica lo constituyen los insectos con alrededor de 2.000 especies ubicadas en grupos taxonómicos que realizan parte de su ciclo en el suelo, de los cuales más de la mitad está constituido por Coleópteros. Otros grupos relevantes corresponden a los chanchitos de tierra (*Isópodos*), ciempiés y milpiés.

63 Schaller et al., 2018.

64 Sarzetti et al., 2013.

Cuadro 5.8. Especies de organismos de megafauna y macrofauna edáfica en Chile

Taxa/Organismo				Especies	Géneros
Mamíferos*				4	4
Reptiles				107	67
			Lombrices de tierra (Oligochaetos)	84	24
Artrópodos	Crustáceos	Isopodos	Chanchitos de tierra	430	27
		Chilopodos	Ciempíes	66	32
		Diplopodos	Milpies	77	28
	Insectos			2102	526
		Dermapteros	Tijeretas	13	6
		Collembolos	Colémbolos	121	49
		Hymenopteros*		633	150
			Formicidae	62	22
			Mutillidae	28	6
			Scoliidae	2	2
			Vespidae	57	16
			Sphecoidea	111	37
			Apoidea	373	67
		Orthopteros*		49	19
			Aacriidae	20	8
			Gryllidae	5	3
			Proscopidae	24	8
		Coleopteros*		1286	302
			Carabidae	357	86
			Lucanidae	37	6
			Scarabidae	169	52
			Heteroceridae	3	3
			Elateridae	118	47
			Cantharidae	65	12
			Melyridae	57	8
			Tenebrionidae	480	88

*Solo se consideran familias en que parte de su ciclo de vida se desarrolla en el suelo.

FUENTE: CONAMA, 2008; Elgueta y Rojas, 2000 y Peña, 1996.

Mesofauna y microfauna:

El Cuadro 5.9 presenta la diversidad de organismos descritos para Chile dentro de lo que se considera como mesofauna del suelo. En general el número de especies descritas es extremadamente bajo comparado con la cantidad de especies descritas para otros países, lo que se debe probablemente a la falta de investigación sobre estos organismos más que a una baja diversidad en nuestro país. Según estudios llevados a cabo en otros países, este tipo de organismos son extremadamente abundantes en los suelos, principalmente en suelos de praderas, con densidades de miles de especies por metro cuadrado⁶⁵. Los grupos con mayor cantidad de especies descritas

65 Orgiazzi et al., 2016.

para el país lo constituyen los colémbolos y los nemátodos. Dentro de los colémbolos están aquellos que viven en la hojarasca y aquellos que viven bajo la superficie, la mayoría de ellos se alimenta de hongos, bacterias y desechos de plantas, aunque también existen algunas especies predadoras de nemátodos. Los colémbolos son responsables de hasta el 30% de la respiración del suelo, dependiendo del hábitat. En cuanto a los nemátodos, la mayoría de la información está asociada a nemátodos fitoparasitarios de suelos agrícolas, existiendo muy pocas prospecciones de nemátodos de vida libre, casi todas circunscritas a la zona austral. Los nemátodos son un grupo muy diverso, se estiman alrededor de 40 mil especies, de las cuales la mayoría serían endémicos de zonas particulares, existiendo pocas especies cosmopolitas, siendo estas últimas las más estudiadas y las que comúnmente se asocian a suelos cultivados. El número de ácaros edáficos descritos para el país es ínfimo considerando que se han descrito más de 50.000 especies en el mundo. Los proturos y dipluros son organismos poco comunes con menos de 1.000 especies descritas para cada grupo en el mundo.

Cuadro 5.9. Especies de mesofauna edáfica.

Taxa/Organismos	Especies	Géneros
Ácaros	22	21
Colémbolos	121	49
Proturos	1	1
Dipluros	18	8
Nemátodos	121	70

FUENTE: CONAMA, 2008; McInnes, 1994 y Peña, 1996.

MATERIA ORGÁNICA

Se define a la materia orgánica del suelo como la mezcla distintiva de restos de plantas y animales, y otros materiales de origen animal o vegetal que han sido alterados hasta el grado que ya no contienen su organización estructural original⁶⁶. A este último material, cuyo material de partida no es reconocible se le conoce convencionalmente como humus, y constituye la fracción de la materia orgánica más importante y más resiliente en la mayoría de los suelos. La materia orgánica del suelo juega un rol fundamental en el ciclo del carbono, al contener casi 2/3 del carbono terrestre, estimándose esta en alrededor de 1.530 Petagramos de carbono a nivel global, conteniendo más carbono que la atmósfera y la vegetación en su conjunto. En Chile, al igual que en la mayoría de los ecosistemas del mundo, hay una correlación directa entre el contenido de carbono en el suelo y las precipitaciones (Figura 5.11). Según un estudio de predicción de contenidos de carbono orgánico del suelo en Chile basado en 587 perfiles, las mayores reservas estarían en los suelos de las regiones andinas y en la zona de los fiordos en la Patagonia, aunque la escasez de datos para estas regiones hace que el nivel de incertidumbre sea muy alto⁶⁷ (Figura 5.12). Las turberas patagónicas constituirían una de las mayores reservas de carbono orgánico del país, con densidades promedio de 168 kg/m² de carbono orgánico y una reserva total de 7,6 gigatoneladas de carbono orgánico⁶⁸.

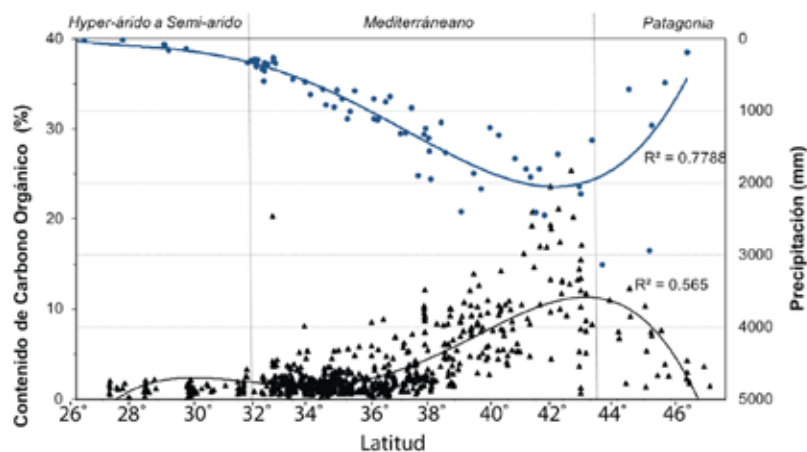


Figura 5.11. Precipitaciones medias anuales (azul) y contenido de carbono orgánico superficial de suelos (negro) en un gradiente latitudinal de Chile.

FUENTE: modificado de Casanova et al., 2013.

66 Oades, J. 1989.
67 Padarian et al., 2017.
68 Loisel, J. y Z. Yu. 2013.

Figura 5.12. Contenido de carbono orgánico del suelo



FUENTE: modificado de Padarian et al., 2017.

5.2 CAUSAS DE LA DEGRADACION DEL SUELO

La degradación de los suelos puede ocurrir en forma natural, debido principalmente a la ocurrencia de deslizamientos de tierra en sectores montañosos. Más comúnmente, la degradación ocurre debido a la deforestación, la cual se puede definir en un sentido amplio como la remoción de vegetación leñosa en un ecosistema para realizar actividades antrópicas en ellos. Este cambio ocurre principalmente para realizar actividades silvoagropecuarias, pero también ocurre por la expansión urbana o de actividades industriales. En aquellos suelos con uso silvoagropecuario, la degradación física, química o biológica puede ocurrir debido a prácticas inadecuadas u otras que causen contaminación. A continuación se revisan las principales causas y condicionantes del estado del suelo en Chile.

5.2.1 Uso actual de los suelos

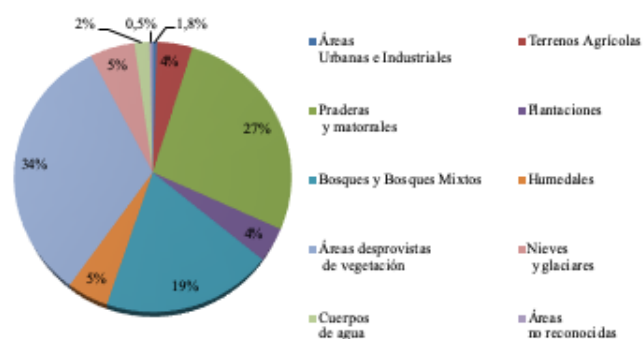
Según CONAF (2017)⁶⁹ un 5% de la superficie de nuestro territorio no presenta suelo, ya que son áreas cubiertas por nieves, glaciares, o cuerpos de agua (Figura 5.13). De las áreas desprovistas de vegetación (33% de la superficie), la mayor parte se encuentra en el desierto, donde los suelos generalmente no son utilizados para actividades humanas, excepto por la minería. Dentro de los humedales (5% de la superficie) se contabilizan las turberas y pantanos, los cuales han sufrido un gran impacto justamente por procesos de drenaje que se han realizado para aprovechar su suelo con fines agrícolas, para urbanización o extracción de turba. (Figura 5.13, Cuadro 5.10), el 19% de la superficie de nuestro país (14,5 millones de hectáreas) mientras que un 4% está cubierto por plantaciones forestales (3 millones de hectáreas). Las praderas y matorrales representan un 27% de la superficie (20,4 millones de hectáreas), las cuales son utilizadas principalmente para pastoreo. Los terrenos agrícolas por su parte cubren solo un 4% de la superficie de nuestro país. Finalmente, las

69 Corporación Nacional Forestal (CONAF). 2017.

áreas urbanas e industriales, donde se ha perdido el suelo en forma prácticamente irreversible, llegan al 0,5% de la superficie, con aproximadamente 388.000 hectáreas, correspondiendo gran parte de esta superficie a antiguas explotaciones con suelos de excelente aptitud agrícola, los cuales son muy escasos en el país.

Junto con la información proporcionada por bases de datos como es el caso de CONAF, en el futuro nuestro país podrá hacer uso de registros anuales de cambio de la cobertura de suelos. Esto gracias a iniciativas que utilizan técnicas de modelación basadas en información de percepción remota, que por ejemplo han clasificado la cobertura de suelos existentes en nuestro país al año 2015⁷⁰

Figura 5.13. Superficie de suelo por uso en el país (%)



FUENTE: CONAF, 2017.

Cuadro 5.10. Superficie de uso de suelo por Región (ha).

REGIÓN	Áreas Urbanas e Industriales	Terrenos Agrícolas	Praderas y Matorrales	Bosques y Bosques Mixtos	Plantaciones	Humedales	Áreas desprovistas de vegetación	Nieves y Glaciares	Cuerpos de agua	Áreas no reconocidas	TOTAL
Arica y Parinacota	10.577	12.708	923.142	47.151	21	23.760	665.853	7.109	4.159	0	1.694.479
Tarapacá	1.198	7.864	1.035.095	7.300	26.975	18.607	3.172.395	680	0	9.382	4.279.495
Antofagasta	3.315	3.968	1.813.733	0	3.411	49.468	10.837.254	0	11.039	0	12.722.189
Atacama	1.440	45.908	3.113.892	0	0	7.304	4.438.896	0	7.667	0	7.615.107
Coquimbo	39.361	161.959	3.025.768	49.361	12.285	11.555	758.229	399	2.710	0	4.061.628
Valparaíso	58.505	174.909	514.610	484.840	68.758	9.851	229.740	52.290	5.264	0	1.598.767
Metropolitana	134.760	219.103	434.837	364.173	9.181	12.515	255.019	101.345	8.697	0	1.539.632
O'Higgins	33.704	405.304	326.242	459.855	130.536	6.628	56.407	205.389	10.371	0	1.634.436
Maule	16.183	667.538	746.444	404.233	607.594	4.190	488.877	68.499	31.715	0	3.035.273
Biobío*	41.494	715.001	516.728	914.240	1.255.890	11.151	169.493	30.137	55.170	0	3.709.304
La Araucanía	15.918	782.848	561.132	1.011.792	632.289	19.978	72.353	28.706	55.333	0	3.180.348
Los Ríos	6.899	22.802	493.459	926.397	208.775	12.246	45.156	7.627	111.603	0	1.834.965
Los Lagos	16.627	14.220	1.098.868	2.840.236	96.599	56.644	243.018	241.414	233.211	0	4.840.836
Aysén	3.119	7.546	2.781.462	4.399.828	32.017	107.806	1.391.759	1.559.701	452.819	0	10.736.056
Magallanes y de La Antártica	4.669	12	3.059.947	2.671.594	23	3.236.662	1.790.953	1.795.347	354.932	273.808	13.187.948
TOTAL PAÍS	387.770	3.241.690	20.445.358	14.581.000	3.084.354	3.588.364	24.615.400	4.098.643	1.344.690	283.190	75.670.460

FUENTE: Corporación Nacional Forestal (CONAF). 2017.

5.3.2.1 Estructura de la tenencia de tierras

La tenencia de tierra es la relación entre las personas, ya sea un individuo o grupo, con respecto a la tierra y otros recursos naturales que ésta posee, abarcando el conjunto de normativas creadas por la sociedad para regular los derechos al uso del suelo, determinando quién puede hacer uso del recurso, durante qué tiempo y en qué circunstancias⁷¹.

Dependiendo de la forma en que se emplee la tierra se evidencian las lógicas productivas tras el uso de ésta, en ello, influyen varios factores tales como la estructura de tenencia de la tierra y sus recursos asociados, la rentabilidad social y económica del uso de los territorios, los sistemas productivos, las tecnologías empleadas, la complejidad infraestructural disponible, el nivel social y tecnológico del productor, las incertidumbres de la oferta natural y los riesgos⁷².

Distribución de la tierra por tamaño

En Chile, un estudio comparativo entre el Censo Agropecuario de 1997 y 2007, refleja el cambio en la distribución del tamaño de tierras (Cuadro 5.11). Durante el periodo de estudio disminuyó en un 9% las explotaciones con énfasis en la zona central y en los tamaños de explotación menores a 60 HRB principalmente, en las explotaciones campesinas entre 2 a 12 HRB⁷³.

Cuadro 5.11. Evolución en la tenencia de tierras de riego y secano (1997 v/s 2007).		
Tipologías	Riego %	Secano %
-2 HRB/miniexplotación	-4	-7
2-12 HRB/explotación campesina	-18	-15
12-60 HRB/mediano empresario	-4	-9
+60 HRB/empresario grande	20	3
Total	2	-2
*HRB: hectáreas de riego básico		
FUENTE: Echeñique y Romero, 2009.		

En este sentido, las explotaciones menores se habrían reducido tanto por ventas de tierra hacia explotaciones mayores como por la expansión urbana. Por otro lado, el número de propiedades en manos de mujeres habría aumentado en un 31%, como consecuencia de la aplicación de programas de empoderamiento de la mujer en el sector.

Según Escobar et al.⁷⁴, los países de Latinoamérica y el Caribe tienen una de las estructuras de tenencia de tierra más inequitativas, así en Chile, en cuanto a la proporción de tierra en predios pequeños midiendo la distribución a partir de un índice de concentración de tierra (índice Gini), siendo 0 equidad y 1 inequidad, estaría posicionado con un índice de 0,91, reflejando la inequidad del país en la distribución de la tierra y el tamaño de sus predios.

Tipología de explotaciones

Por otra parte, el tipo de tenencia de tierra de un actor productivo condicionará a su vez, el sistema productivo de éste. Si bien en términos generales la tenencia de tierra se puede clasificar en privada, comunal, de libre acceso y estatal⁷⁵, en Chile la clasificación empleada se indica a continuación.

71 Organización de las Naciones para la Alimentación y la Agricultura (FAO). 2003.

72 Gligo, N. 2001.

73 Echeñique, J. y L. Romero. 2009.

74 Escobar, G. 2016.

75 Organización de las Naciones para la Alimentación y la Agricultura (FAO). 2003.

Cuadro 5.12. Tipología de productores agrícolas.

Tipo	Nº explotaciones	Rasgos
Empresario Moderno	10.000	Ubicación prioritaria Norte Chico y Valle Central de Riego en RM de Santiago y O'Higgins. Gestión técnica de mercado y administración adecuada, alta productividad, flexibilidad en el uso de recursos, productor de rubro rentable y dinámico. Un caso especial en este grupo son los conglomerados forestales y algunos frutícolas, de ganadería menor (aves y cerdos) y leches.
Empresario Tradicional	20.000	Con mayor presencia relativa del Maule al Sur y en los secanos de las regiones centrales. Orientado básicamente a cultivos tradicionales y ganadería, con niveles tecnológicos medios altos, baja capacidad de gestión y relación de mercados, poco flexibles en sus estructuras productivas.
Pequeño Productor Integral	30.000 a 40.000	Básicamente parceleros de la Reforma Agraria, de la región mediterránea en riego, pequeño ganadero. Dedicado a rubros más rentables (hortofrutícolas, papas, remolacha, flores, etc.). Con buena inserción en el mercado (contratos de producción); nivel tecnológico medio y de gestión bajo. Relativamente flexible en sistemas productivos, con tendencia a extenderse a actividades de comercio y transporte
Pequeño Productor con Potencial	50.000 a 60.000	Principalmente agricultores rezagados, parceleros o productores de riego y secanos con potencial de recursos. Requieren inversiones adicionales y apoyo tecnológico para integrarse a rubros más rentables (riego, plantaciones, invernaderos, etc.). Con bajos ingresos, pobre tecnología y mala articulación del mercado, débil capacidad de gestión y baja productividad en cultivos tradicionales, ganadería y viticultura de cepas no final.
Pequeño Productor sin Potencial	120.000 a 140.000	Minifundistas localizados en los secanos interiores y costeros de la Regiones de Valparaíso al Biobío (35.000); en la Precordillera Andina del Maule y el Biobío (5.000), en áreas mapuches del Biobío y La Araucanía (35.000); y en la Región de Los Lagos (25.000). Desarrollan agricultura tradicional de subsistencia (cereales, leguminosas, ganadería extensiva, viticultura de cepa país) y sus ingresos son básicamente de origen extrapredial (salarios, subsidios, pequeño comercio, etc.). Se clasifican en estratos de pobreza y extrema pobreza.

FUENTE: Universidad de Chile, 2005.

5.2.2 Deforestación

A lo largo de su historia, los bosques de Chile han sufrido diversos cambios que han modificado su cobertura, ya sea por causas naturales o antrópicas. Tras la expansión postglacial de éstos, con el calentamiento global, y con el efecto de la actividad humana sobre ellos, como los incendios, la expansión de la agricultura, la extracción de madera y la exportación de este recurso ligado al modelo económico, estos procesos han conducido a los bosques a un estado actual de agotamiento del recurso forestal nativo⁷⁶. Para más detalle ver Segunda Parte Capítulo 3 Bosques Nativos.

Estimaciones del cambio de uso de suelo de los bosques valdivianos lluviosos (35°- 43°30'S) tras la colonización europea (1550), reflejan que al arribo de los españoles esta formación cubría 11,3 millones de hectáreas, cifra que se redujo hacia 2007 a 5,8 millones de hectáreas, es decir, menos del 51% del área original⁷⁷. Si se considera que los suelos ocupados por bosques templados corresponden a los biomas con menor presencia en el mundo⁷⁸, y que a su vez están altamente representados en Chile constituyendo un hotspots de biodiversidad mundial⁷⁹, esta reducción de su cobertura resulta muy preocupante para la conservación de estos suelos.

En relación a esto, un estudio desarrollado por Miranda et al., 2015⁸⁰, evaluó el cambio en la cobertura del bosque y el uso de suelo en estos ecosistemas para distintas condiciones fisiográficas y a través de diferentes momentos históricos durante los últimos 40 años. Las unidades fisiográficas estudiadas fueron el Valle Central, la Cordillera de la Costa y la Cordillera de los Andes en la Región de la Araucanía, hallándose diferencias significativas entre los patrones de la pérdida de bosque y cambio de uso de suelo y cobertura en cada zona. De este modo, la pérdida de bosque comenzó primeramente en el Valle Central, seguido por la Cordillera de la Costa y la Cordillera de los Andes. En el Valle Central el bosque nativo actualmente cubre menos del 5% del paisaje, mientras que en la Cordillera de la Costa el cambio se acentuó a partir de 1973 con una pérdida de bosque similar a la de la Cordillera de los Andes, siendo un proceso menos intenso en esta última área. En la Región de la Araucanía, este cambio se traduce en que el suelo más accesible y con condiciones ambientales favorables es empleado progresivamente por actividades productivas, por lo que en la medida que disminuye la disponibilidad de estas áreas, estas actividades se comienzan a expandir hacia áreas fisiográficas anteriormente no utilizadas ya sea por sus condiciones ambientales o el acceso a ellas.

76 Armesto et al., 2010.

77 Lara et al., 2012.

78 Hansen et al., 2010.

79 Myers et al., 2000.

80 Miranda et al., 2015.

En cuanto a los bosques mediterráneos, ubicados en la zona central de Chile, estos ecosistemas también han sido afectados por la deforestación, lo que ha modificado tanto su cobertura como también la calidad de sus suelos. Es así como un análisis de la calidad del suelo para seis tipos de uso de la tierra⁸¹ (cultivos anuales, perennes, pastoreo, espinal, espinal denso y bosque nativo) refleja que aquellos suelos cubiertos por bosques y que posteriormente son transformados por actividades antrópicas como cultivos anuales, cultivos perennes o praderas, experimentan una degradación de sus propiedades lo que se refleja a través de la menor productividad de la vegetación de estos suelos. Además, en el caso de zonas empleadas como áreas de pastoreo o cultivos, una vez abandonadas recobran gradualmente su calidad al recuperarse la vegetación anterior.

En un estudio similar, Soto et al. (2019a)⁸², encontraron que los suelos de bosque nativo tenían significativamente mayor materia orgánica que los suelos de plantaciones de pino o eucaliptus en profundidades mayores a 20 cm (Cuadro 5.13). La densidad del suelo de los bosques nativos resultó ser significativamente menor que los suelos de plantaciones y de sucesiones tempranas, y similar solamente a suelos con sucesiones tardías. No se encontraron diferencias entre los suelos estudiados en cuanto al agua aprovechable en el perfil de suelo.

Heylmayr et al.⁸³, señalan que si bien las estadísticas oficiales muestran que Chile es uno de los pocos países de América Latina que ha revertido la pérdida de bosques nativos, un análisis histórico entre 1986 – 2011 refleja que entre 1986 y el 2001, las plantaciones forestales desplazaron directamente a los bosques nativos, y que entre el 2001-2011, como efecto del menor uso de madera nativa y de la prohibición de conversión de bosque nativo a plantación, se redujo la presión sobre el suelo con bosque nativo.

Cuadro 5.13. Densidad aparente (DA), humedad aprovechable (HA) y contenido de materia orgánica (MO) en distintos usos y coberturas de suelo.

	Prof. (cm)	BN	EU	P	ST	SI
DA (g cm ⁻³)	0 - 20	0.89 ± 0.27a	1.38 ± 0.08c	1.28 ± 0.18bc	1.08 ± 0.13ab	1.25 ± 0.3bc
	20 - 40	1.16 ± 0.23a	1.52 ± 0.16b	1.50 ± 0.07b	1.32 ± 0.10a	1.50 ± 0.15b
	40 - 60	1.25 ± 0.24a	1.58 ± 0.12b	1.53 ± 0.13b	1.47 ± 0.11ab	1.52 ± 0.15b
HA (cm)	0 - 60	7.57 ± 2.43a	6.48 ± 1.95a	6.01 ± 2.30a	7.36 ± 2.59a	6.19 ± 1.53a
MO (%)	0 - 20	9.83 ± 4.21b	7.04 ± 1.47ab	5.65 ± 2.00ab	7.74 ± 2.12ab	5.21 ± 3.60a
	20 - 40	6.86 ± 4.36b	2.28 ± 1.70a	3.53 ± 1.93ab	5.05 ± 2.45ab	3.01 ± 1.62a
	40 - 60	4.71 ± 1.64b	1.77 ± 1.17a	3.04 ± 1.62ab	5.52 ± 3.84b	2.47 ± 1.19a

BN: bosque nativo, EU: eucaliptus, P: pino, ST: sucesión tardía, SI: sucesión inicial. Valores son promedios (± error estándar). Letras distintas en una misma fila representan diferencias significativas entre usos y coberturas de suelo.

FUENTE: Soto et al., 2019 a y b.

En relación a esto, Chile se ha convertido en un importante exportador de celulosa y astillas a nivel mundial, lo que ha producido una presión de mercado por el aumento de plantaciones de eucaliptus que año a año continúan expandiéndose. En este sentido, en la provincia de Arauco (37°S), las plantaciones de monocultivos aumentaron de 43% a 53% entre 1983-1998 el área que ocupaban, versus una disminución de la cobertura de bosques nativos. Así también, en Puerto Montt y la Isla de Chiloé los humedales y páramos son áreas sensibles de ser ocupadas por plantaciones forestales.

En tierras cuyos suelos evidencian mal drenaje y que se encuentran degradadas y quemadas, donde antiguamente crecía *Pilgerodendron uviferum* y *Nothofagus antarctica*, también se han expandido las plantaciones de eucaliptus. En Quillota (33°S), el aumento de la cobertura de cultivos de palta ha ido entre 1983-2001 desde un 32 a 42% en el área cultivada entre dicho periodo, parte importante de esta expansión se realiza sustituyendo bosque esclerófilo en suelos de ladera no aptos para la agricultura, quedando desnudos y vulnerables a la erosión.

En conclusión, desde la llegada de los españoles la deforestación del bosque chileno se debió esencialmente a la actividad antrópica, asociada a determinados factores culturales, económicos y políticos de cada época por lo cual, revertir esta situación y planificar un uso sustentable de los suelos donde crecen los bosques, aunando tanto intereses de conservación como productivos, es un desafío y una labor política necesaria.

81 Hernández et al., 2016.

82 Soto et al., 2019a.

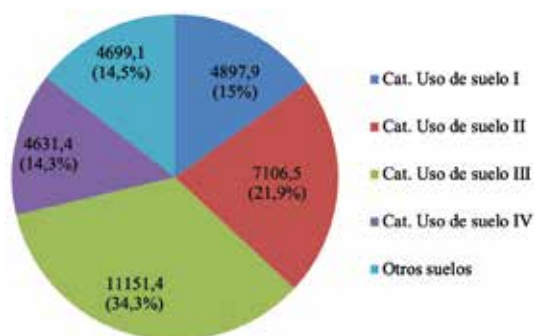
83 Heylmayr et al., 2016.

5.2.3 Expansión urbana

Un estudio realizado por Soto et al., (2019b) en ocho ciudades de Chile ubicadas en zonas agrícolas, muestra que de las 32.486 hectáreas que se han perdido en total en las últimas tres décadas, un 85,5% ha sido de suelos clasificados como cultivables (categorías de uso I a IV); siendo un 37% correspondientes a los suelos de categorías I y II (Figura 5.14). Esto demuestra que la expansión urbana no considera en su planificación el valor de los suelos desde el punto de vista de su uso agrícola.

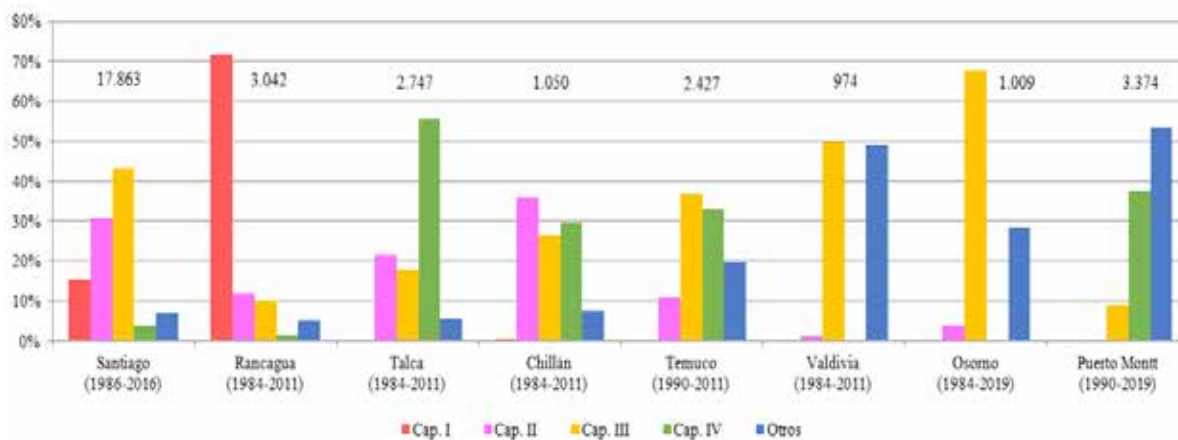
El análisis por ciudad (Figura 5.15) muestra que el caso más crítico en cuanto a proporción ocurre en la expansión de la ciudad de Rancagua, donde los suelos perdidos por expansión urbana son en su mayoría de clase de capacidad de uso I, es decir los mejores suelos del país. Sin embargo, en términos absolutos la mayor cantidad de suelos de categoría I se han perdido por la expansión de Santiago (2.680 ha) entre el año 1986 y 2016⁹². Ver Segunda Parte Capítulo 8 Asentamientos Humanos.

Figura 5.14. Suelos perdidos por expansión urbana en ocho ciudades (ha)



FUENTE: Soto et al., 2019b.

Figura 5.15. Suelos perdidos en cada ciudad, según categoría de uso. (En la parte superior, hectáreas perdidas en el periodo)



FUENTE: Soto et al., 2019b.

5.2.4 Prácticas silvoagropecuarias perjudiciales

FAO (2015) reconoce que existen 10 consecuencias de manejo inadecuado a nivel mundial en los suelos con uso silvoagropecuario; todos los cuales tienen ocurrencia en Chile:

- **Erosión del suelo:** pérdida de la superficie del suelo por el agua, el viento o la labranza.
- **Compactación:** aumento de la densidad y disminución la macroporosidad del suelo debido a la presión sobre la superficie de los suelos
- **Acidificación:** disminución del pH del suelo.

- **Contaminación:** presencia de elementos contaminantes debido al uso de productos químicos o materiales al suelo que tienen un efecto adverso en los organismos y funciones.
- **Sellado:** cobertura permanente de una superficie del suelo debido a la presencia de materiales exógenos artificiales.
- **Salinización:** es la acumulación de sales inducida por el hombre, debido a prácticas de riego inadecuadas o drenaje insuficiente.
- **Anegamiento:** saturación de suelo por exceso de agua, lo que genera una reducción del oxígeno en el espacio poroso del suelo, el cual es necesario para el crecimiento de las plantas y organismos aeróbicos del suelo.
- **Desequilibrio de nutrientes:** desbalance en el contenido de nutrientes producido por aportes deficientes o excesivos, afectando el desarrollo normal de cultivos y sus rendimientos esperados.
- **Pérdidas de carbono orgánico:** reducción del contenido de carbono en los suelos debido a la remoción de la vegetación natural asociada a estos.
- **Pérdida de la biodiversidad:** disminución de la diversidad y funcionalidad de la biota del suelo.

Estas amenazas se relacionan principalmente con prácticas silvoagropecuarias inadecuadas tales como cultivo en laderas, sobrepastoreo, uso excesivo de agroquímicos, laboreo excesivo, y prácticas de riego inadecuadas, y pueden ocurrir por separado o en conjunto, ocasionando uno o más de estos efectos negativos en los suelos.

5.2.4.1 Cultivo en laderas

La expansión de los cultivos en ladera, considerados hasta hace poco como terrenos marginales para la agricultura, han incrementado considerablemente el riesgo de erosión y la consecuentes pérdidas de carbono orgánico y biodiversidad en estas áreas. Este tipo de expansiones agrícolas sobre áreas antiguamente cubiertas por bosque o matorral ha sido significativo en la zona semi-árida, principalmente con cultivos como uva de mesa, paltos y cítricos, mientras que en la zona mediterránea esta expansión se ha debido principalmente a la expansión de viñedos. Estos cultivos tienen un alto impacto al establecerse en camellones en el sentido de la pendiente, aumentando exponencialmente el riesgo de erosión, además de sustituirse una cobertura vegetal esencial para la infiltración y la recarga de los acuíferos. La necesidad de una legislación que limite este tipo de prácticas es urgente.

5.2.4.2 Sobrepastoreo

La capacidad de carga animal de un pastizal depende de la productividad anual de biomasa y del valor nutricional de las especies que componen lo componen. El sobrepastoreo ocurre cuando la carga animal supera la capacidad de carga ganadera de un pastizal, o bien por problemas de distribución de los animales, generando sobreconsumo de las plantas y compactación de suelo. Cuando esto ocurre se impide la resiembra natural de los pastos y una brotación vigorosa en la temporada siguiente, lo cual deja al suelo descubierto de vegetación y por ende expuesto a la erosión.

Pérez Quezada y Bown (2015) midieron características de los suelos en un gradiente de degradación por pastoreo en cuatro pisos vegetacionales en Cajón del río Maipo y del río Mapocho. Encontraron que los sectores más cercanos a los corrales de los animales presentaban en promedio un 59% menos carbono en el suelo superficial, en comparación con sectores alejados de los corrales. Asociado a la pérdida de cobertura vegetal y de carbono orgánico, el riesgo de erosión aumenta en suelos afectados por sobrepastoreo. Por otra parte, un estudio sobre la ganadería magallánica y sus implicancias para la tierra en la Región de Magallanes y la Antártida Chilena, reveló la fuerte erosión que han sufrido los las estepas de esta zona, lo que ha repercutido en su capacidad productiva generando que durante los últimos 30 años, dicho territorio haya perdido la capacidad de sostener casi 1 millón de unidades bovinas.

5.2.4.3 Uso excesivo de agroquímicos

Los agroquímicos utilizados en sistemas silvoagropecuarios son básicamente los fertilizantes, pesticidas y herbicidas que se aplican con el fin de obtener un mayor rendimiento y productos libres de plagas y enfermedades. Su uso racional implica la aplicación oportuna y en dosis adecuadas.

En el caso de los fertilizantes, una buena práctica significa aplicar la cantidad de nitrógeno, fósforo u otro elemento que el cultivo necesite y en un momento que la planta lo pueda absorber. Si la fertilización no se realiza de este modo, estos elementos pueden llegar a los cursos de agua superficiales o bien a la napa de agua subterránea. Así lo muestra el estudio de Corradini et al., quienes observaron niveles elevados de nitrato y fosfato en canales de drenaje en invierno, cercanos a sistemas de cultivos de maíz-barbecho. Afortunadamente este efecto puede ser prevenido en parte con el uso de franjas de vegetación de amortiguamiento, las cuales se ha demostrado que en el mismo sistema de cultivo puede remover en promedio un 52% del nitrato, que de otra manera llegaría a los cursos de agua.

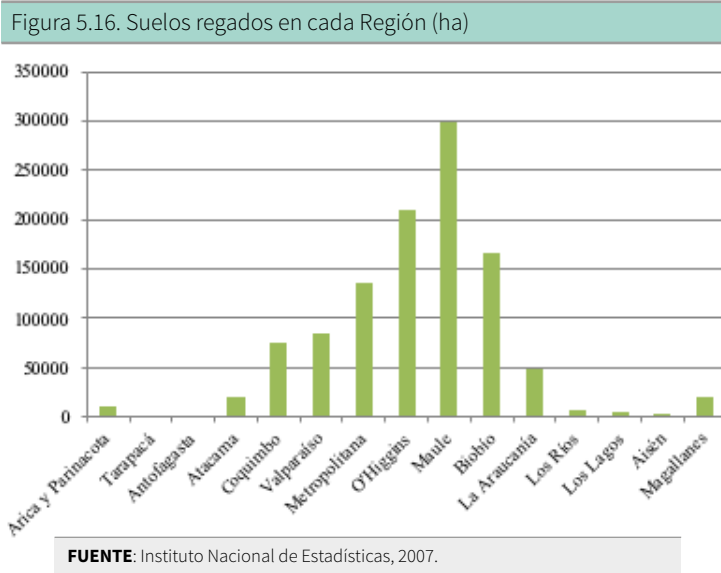
5.2.4.3 Laboreo excesivo

Si bien, el laboreo del suelo es una actividad necesaria en los suelos para favorecer el crecimiento y desarrollo de los cultivos, el desarrollo de esta actividad de manera excesiva puede afectar la calidad del suelo. En este sentido, Martínez et al. (2008) evaluó el efecto de tratamientos convencionales de labranza tradicional y labranza cero sobre las propiedades físicas del suelo y el rendimiento y crecimiento de raíces de trigo, en un suelo Mollisol de Chile Central. Sus resultados reflejan como los tratamientos de labranza cero tienen su mayor influencia sobre las propiedades físicas del suelo en los primeros 5 cm, mejorando características como la estabilidad de agregados y la densidad de longitud de la raíz, pero teniendo un menor desempeño frente a tratamientos convencionales en cuanto a la tasa de infiltración de agua, por lo que habría que aplicar actividades compensatorias. Así, Brunel-Saldías et al. (2016) efectuando comparaciones para cultivos de trigo y avena, en suelos con labranza cero, mínima labranza y tratamientos convencionales, demostró que la compactación de un suelo puede ser mejorada por un sistema de mínima labranza, promoviendo una mejora en el sistema de raíces en los primeros horizontes del suelo compactado.

5.2.4.4 Prácticas de riego inadecuadas

Las prácticas de riego varían en Chile según el área geográfica, siendo predominantemente sistemas tecnificados en la zona norte y gravitacional en la zona central. En la zona centro sur se realiza principalmente riego tecnificado en frutales. Según Donoso et al. (1999), estas prácticas de riego han generado la salinización de suelo y agua subterránea en la zona norte, contaminación difusa en la zona central y eutroficación en la zona centro-sur. Este mismo estudio además modeló la posible pérdida de suelo en una lechería en la zona central, obteniendo valores entre 5,0 y 16,7 ton ha⁻¹ año⁻¹.

En la Figura 5.16 se muestra la superficie regada por región en Chile, donde es posible evidenciar que la Región del Maule es la que más invierte en mantener terrenos agrícolas mediante regadío, seguido por O'Higgins y La Araucanía.



5.2.5 Contaminación de suelos

La contaminación de los suelos se produce por el ingreso de compuestos que alteran su composición química, lo que produce como consecuencia además una degradación de sus propiedades biológicas. Las fuentes de contaminación pueden ser de origen natural o antropogénico. Dentro de las seis causas principales de contaminación de origen antropogénico se puede señalar: las actividades industriales, la minería, las actividades desarrolladas en las urbes y zonas de transporte, los residuos urbanos, y las actividades agropecuarias. La minería es una importante fuente de contaminantes, y dada su relevancia en Chile desde la colonia, su impacto en el ambiente, incluida la contaminación de suelos es considerable. El efecto de la minería sobre los suelos en el país ha sido constatado por los numerosos estudios que revelan el alto grado de contaminación por metales pesados en las zonas cercanas a relaves y fundiciones. Dentro de las zonas con suelos más contaminados por la industria minera se destacan los valles de los ríos, Loa, Copiapó, Elqui, Aconcagua y Cachapoal. El número de contaminantes emitidos por las actividades mineras es vasto e involucra casi toda la gama de contaminantes que se pueden encontrar en el suelo. En Chile, el caso más emblemático se encuentra en la contaminación por metales pesados de los suelos de las localidades cercanas al complejo industrial de Ventanas, que agrupa una serie de industrias

contaminantes, las que emiten tóxicos a la atmósfera que precipitan y se han ido acumulando en los suelos de la zona desde la apertura en 1964. Las actividades urbanas generan una gran cantidad de desechos, los que se acumulan en los suelos urbanos y periurbanos ya sea por contaminación directa, arrastre de sedimentos en aguas de riego o escorrentía o por precipitación atmosférica. En Chile se han descrito casos de contaminación de suelos urbanos y periurbanos en las localidades de Arica, Calama, Puchuncaví, Santiago, Talca, Talcahuano, Chillán y Puerto Montt entre otras. Dentro de estas se puede destacar la presencia de metales pesados, contaminantes orgánicos y otros derivados del petróleo producto de las actividades industriales, el uso de productos domiciliarios, transporte, hospitalarios, de jardinería y de construcción.

Debido a la persistencia de algunos contaminantes, su presencia puede ser importante incluso décadas después de haberse eliminado la fuente contaminante como lo es el caso del plomo contenido en las pinturas y combustibles antes de la década de 1990 o el riego con aguas servidas las que se tratan en un 100% desde 2013 pero cuyos residuos tóxicos permanecerán por largo tiempo en los suelos. Aunque no existen estudios directos en el país, es de esperarse que los suelos aledaños a carreteras y vías férreas cuenten con altos niveles de contaminación producto de la combustión, derrames y actividades que se desarrollan asociados a las vías de transporte. Dentro de las actividades que más impacto producen en el suelo, tanto por su intensidad como por el área que cubren están las actividades agrícolas, producto del uso de agroquímicos, combustibles y el riego con aguas contaminadas. El uso indiscriminado de agroquímicos, que contienen contaminantes orgánicos de larga persistencia y además pueden entrar a las cadenas tróficas, ha sido poco estudiado en el país, sin embargo es de esperarse que la mayoría de los suelos con agricultura intensiva presenten algún tipo de contaminante. Un problema adicional lo presentan los fertilizantes fosfatados, los que se utilizan en grandes cantidades en los suelos agrícolas de origen volcánico desde la región del Biobío al sur, ya que estos contienen acompañados elementos traza contaminantes, los que si bien se encuentran en pequeñas cantidades, se acumulan en el suelo y pueden generar problemas de contaminación al largo plazo. Los principales casos de contaminación natural en Chile se dan en el norte grande y corresponden a la presencia de aguas con altos contenidos de arsénico (producto de la actividad volcánica) y boro (que se encuentra naturalmente en los salares), los que se acumula en los suelos luego de utilizarse para el riego. Adicionalmente está la presencia de percloratos en suelos de caliche de la zona hiperárida, los que si bien no son cultivados constituyen una fuente de perclorato al ser utilizado el caliche como una fuente de fertilizante nitrogenado.

5.2.6 Incendios

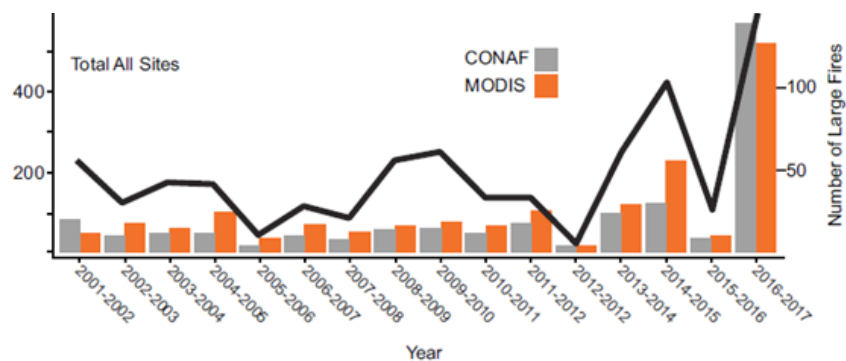
Según CONAF, en Chile cerca del 100% de los incendios tienen su origen en actividades humanas, los cuales se asocian estrechamente con las actividades silvoagropecuarias, el aumento de la población, el aumento de la conectividad terrenos urbanos-rurales, y mayor presencia de población en terreros rurales durante el periodo estival. Para más detalle ver: Segunda Parte Capítulo 3 Bosques Nativos.

Actualmente el origen de los incendios forestales está relacionado principalmente según la región del país, a:

- Zona central (Coquimbo a Región Metropolitana): en primer lugar, incendios intencionales causados principalmente por niños y adolescentes; en segundo lugar, paseantes descuidados y, en menor incidencia, quemados de residuos agrícolas.
- Zona centro sur (O'Higgins a Los Lagos): primero, intencionalidad; en segundo lugar, quemados de residuos agrícolas y forestales; y en tercer lugar, manejo de veranadas y, en menor incidencia, paseantes.
- Zona sur (Aysén y Magallanes): actividades relacionadas con quemados para limpieza de terrenos para la agricultura y ganadería y, en menor incidencia, paseantes.

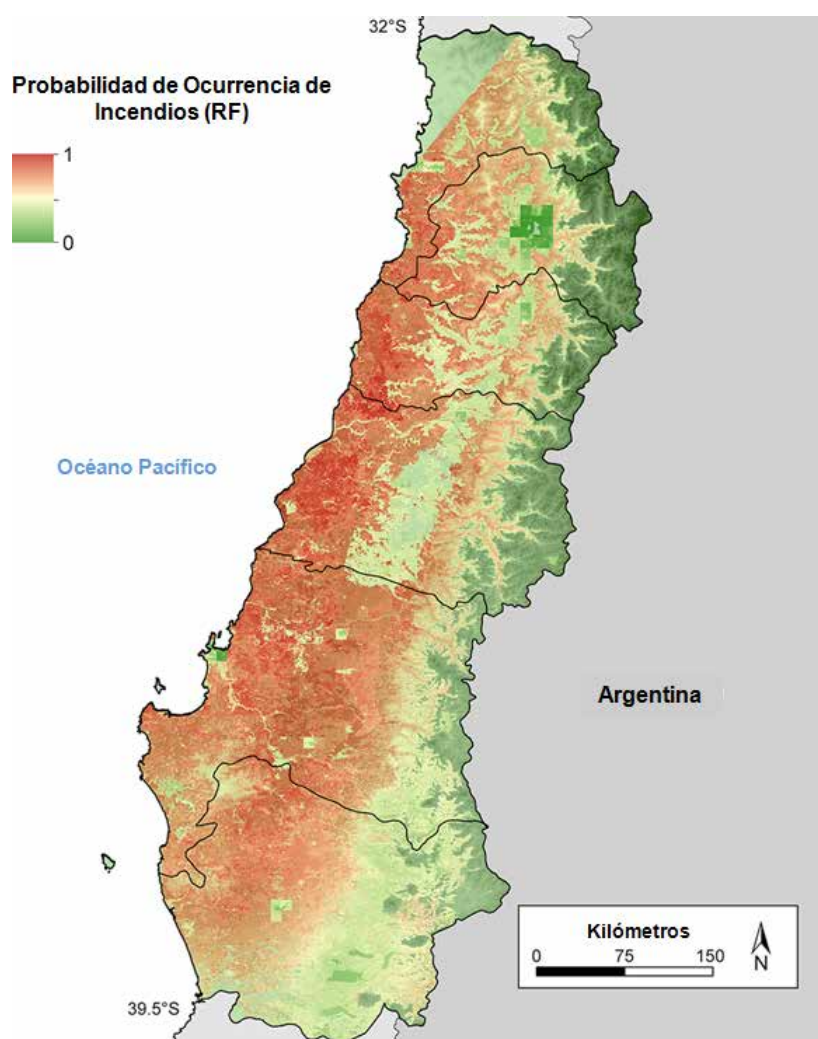
La Figura 5.17 muestra que la superficie total quemada por año se mantuvo relativamente estable entre los años 2001 y 2012. Sin embargo, a partir de ese año se observa un aumento tanto de la superficie quemada como del número de grandes incendios, alcanza el máximo en la temporada 2016-2017, cuando se registraron alrededor de 500.000 hectáreas quemadas y cerca de 150 grandes incendios (> 200 ha). La distribución de estos incendios no es homogénea, lo que genera una desigual distribución espacial de la probabilidad de incendios (Figura 5.18).

Figura 5.17. Área total quemada por año (ha x 1000) en Chile en el periodo 2001-2017 (CONAF y MODIS). Cantidad de incendios (>200 ha) por año (CONAF) (línea)



FUENTE: McWethy et al., 2018.

Figura 5.18. Distribución de la probabilidad de incendios.



FUENTE: McWethy et al., 2018.

5.2.7 Pérdida y degradación por deslizamiento, vulcanismo y dunas

Las causas naturales de degradación de suelos pueden ser varias, dentro de estos deslizamientos, erupciones volcánicas y avance de dunas. Por la particular topografía, Chile es un país susceptible a deslizamientos en todo su territorio, el Cuadro 5.14 muestra los deslizamientos registrados en Chile entre 1910 al 2005. Si bien, la cantidad de deslizamientos producidos en el país es considerable, gran cantidad de estos ocurre sobre roca y no suelo, no existiendo una estadística sobre la cantidad de deslizamientos que afecten material suelo. Sin embargo, en base a la literatura existente, se puede estimar que gran parte de los deslizamientos que afectan al suelo se producen en las regiones cubiertas por suelos volcánicos, desde Biobío al sur⁸⁴.

Cuadro 5.14. Deslizamientos, por Región.		
Región*	Total	Porcentaje
Tarapacá	50	4,0
Antofagasta	58	4,6
Atacama	27	2,1
Coquimbo	99	7,8
Valparaíso	315	25,0
Metropolitana	128	10,1
O` Higgins	63	5,0
Maule	70	5,5
Biobío	193	15,3
Araucanía	59	4,7
Los Lagos	157	12,4
Aisén	28	2,2
Magallanes	15	1,2
TOTAL	1.262	100
En la I y X regiones se incluyen los datos pertenecientes a la XV y XIV respectivamente		
FUENTE: Espinoza et al., 1985 y INE, 1999, 2000, 2001, 2002 y 2005.		

Chile contiene más de 60 volcanes activos por lo que las erupciones volcánicas son frecuentes en el país. El mayor problema para los suelos generado por las erupciones volcánicas es la caída de cenizas, las cuales logran afectar grandes áreas durante erupciones de mayor magnitud. Estudios señalan que los suelos afectados por caídas de cenizas se recuperan en pocos años cuando el espesor no supera los 15 cm, y que luego de una década se recuperan aquellas zonas con depósitos de ceniza menores a 50 cm^{85 86 87}. Por último, el avance de las dunas también constituye una causa natural de degradación de suelos, al producirse el enterramiento de éste bajo una capa de arena infértil sobre la cual la vegetación se establece con dificultad. De acuerdo a un estudio de CONAF de 1974⁸⁸, la superficie de suelos cubiertos por dunas en Chile era de 131.008 ha.

5.2.8 Causas de erosión y geografía

Según Peralta, (1994)⁸⁹, los factores más relevantes que ocasionan erosión de los suelos son las condiciones climáticas, el relieve, características del suelo y de su material de origen y los usos de este. En el Cuadro 5.15 se indican los factores y causas más comunes de la degradación de suelo por zona geográfica en Chile.

84 Schuster et al., 2002.

85 Besoain et al., 1995.

86 Wilson et al., 2011a.

87 Wilson et al., 2011b.

88 Gormaz, M., 1974.

89 Peralta, M. 1994.

Cuadro 5.15. Tipos y causas de la erosión por zona geográfica

Zona	Tipo de Erosión	Factores y causas
Norte Grande y Chico: Tarapacá a Atacama; Cordones y estribaciones Andinas de la región de Coquimbo	Eólica Hídrica Geológica	Sobrepastoreo Aumento de la población Dificultades económicas
Cordillera de la Costa y Planicies de la Región De Coquimbo Cordillera de la Costa y Planicies de las Regio- nes de Valparaíso al Biobío	Hídrica Eólica Dunas litorales Hídrica Eólica (costa) Dunas litorales	Tala de material semidesértico Sobreutilización de praderas Cultivo en suelos no arables Tala de bosque esclerófilo Actividades forestales Incendios y quemas Sobrepastoreo Cultivos en suelos no arables Barbechos, siembras en pendiente Dificultades económicas
Cordillera de la Costa y Planicies de la Araucanía y Los Lagos	Hídrica Eólica (costa)	Explotación indiscriminada de bosque nativo Habilitación de suelos de aptitud forestal para agricultura y ganadería (tala rasa, quemas)
Precordillera andina de las regiones de Valparaí- so y Santiago	Hídrica	Tala del matorral y del bosque esclerófilo andi- no para uso como leña y carbón. Incendios y quemas
Precordillera andina de las regiones del Libertador B. O` Higgins a Los Lagos	Hídrica Eólica	Tala de bosques mesofíticos e hidrofíticos Quema de rastrojos Cultivos anuales en suelos no arables Barbechos descubiertos Labranzas y siembras en el sentido de la pen- diente
Cerros y lomajes del Llano Central, Regiones de Valparaíso a Los Lagos	Hídrica	Tala de bosques esclerófilos y mesofíticos, para uso como leña y carbón. Quema de rastrojos y matorrales. Barbechos descubiertos. Labranza y siembra en el sentido de la pendien- te. Cultivo de cereales en suelos no arables.
Patagonia	Hídrica Eólica	Sobreutilización de las praderas. Explotación indiscriminada del bosque nativo. Habilitación de suelos de aptitud forestal para uso ganadero. Talas y quemas.

FUENTE: Peralta, 1994.

5.3 GESTIÓN AMBIENTAL DEL SUELO

La normativa existente con respecto al recurso suelo se encuentra ampliamente dispersa en diferentes cuerpos legales siendo a veces las indicaciones contradictorias entre sí. Entre estas normativas se puede mencionar la Constitución Política de la República con su Art.19, N° 8, reconociendo el derecho de las personas a vivir en un medio ambiente libre de contaminación, hasta diversas leyes y reglamentos como el Código de Minería, el Código de Aguas, la Ley de Concesiones Mineras, la Ley General de Urbanismo y Construcción o la Ley sobre Bases Generales del Medio Ambiente, así como convenios internacionales tales como la Convención RAMSAR, relativa a la protección de humedales, o la Convención de Las Naciones Unidas de Lucha contra la Desertificación⁹⁰.

En términos generales, la legislación en Chile referente al suelo se encuentra caracterizada por cuatro aspectos:

- La importancia del derecho de propiedad, el cual está garantizado por ley, y permite que el propietario del suelo esté facultado para emplearlo como estime conveniente, siempre en conformidad con la legislación y sin afectar los derechos de otros.
- El resguardo frente a la contaminación del suelo, pudiendo cualquier persona en caso de ver afectado su derecho a vivir en un lugar libre de contaminación, presentar un recurso de protección para que se restablezcan sus derechos y se proteja al afectado.
- La conservación de los suelos supeditada a la minería, ya que el propietario de un predio superficial debe respetar la servidumbre minera que la ley establece a favor de dicha actividad.

- La urbanización del suelo, regulando el crecimiento de las ciudades sobre zonas agrícolas mediante la planificación de la urbanización y la fijación de límites urbanos.

Uno de los principales aspectos que amenazan la sustentabilidad del recurso suelo, así como otros componentes del territorio, es la falta de una planificación territorial contundente y segura de las zonas rurales, que permita resguardar el patrimonio y los atributos naturales, sin frenar el desarrollo del país. Si bien se han desarrollado planes Regionales de Ordenamiento Territorial, estos son indicativos y no normativos, lo que en la práctica lleva a una casi nula aplicación de las políticas, estrategias y planes contenidos en ellos.

A continuación se expone brevemente algunas de las principales leyes que tienen relación con el uso y manejo del recurso suelo, mencionando su objetivo y su rango de acción.

5.3.1 Principales leyes que regulan el uso del suelo

5.3.1.1 Ley Orgánica Constitucional sobre Concesiones Mineras

La Ley Orgánica Constitucional sobre Concesiones Mineras⁹¹ indica que toda persona tiene la capacidad de cavar y prospectar en tierras de cualquier propietario con el fin de buscar sustancias minerales, sin perjuicio de tener que indemnizar al dueño del suelo superficial y en concordancia con lo que indica el Código de Minería.

Esta facultad puede ejercerse en todo terreno abierto, mientras que en terrenos restringidos con un propietario es preciso contar con la autorización del dueño, que en caso de ser denegada puede ser solicitada ante un juez. En terrenos que son propiedad del Estado, el permiso ha de solicitarse a la autoridad estatal correspondiente. La excepción a la ley la constituyen aquellos terrenos plantados con frutales o vides, donde sólo su propietario podrá ser quien otorga el permiso para hacer efectiva la concesión.

Además, el código minero considera como mineral a la turba, que corresponden a suelos formados a partir de la acumulación de materia orgánica, lo que da prioridad de la extracción de turba por sobre la conservación. Estos ecosistemas son extremadamente frágiles y la aplicación del código minero por sobre estos requiere de una urgente revisión.

5.3.1.2 Ley General de Urbanismo y Construcción

La Ley General de Urbanismo y Construcción⁹² es la encargada de regular los Instrumentos de Planificación Territorial (IPT), los cuales a su vez contienen las directrices para el uso del territorio ya sea tanto en lo urbano como en lo rural, y el aprovechamiento y restricciones que regirán sobre estos espacios. Las disposiciones de esta Ley actúan a través de tres niveles de jerarquía:

- Ley General: documento principal que define los principios, atribuciones, autoridades, facultades, responsabilidades, derechos, sanciones y regulaciones sobre las instituciones, sus funcionarios y asociados.
- Ordenanza General: reglamento de la ley anterior definiendo procesos administrativos y los estándares técnicos de las construcciones en el país.
- Normas Técnicas: características técnica de los proyectos, materiales y sistemas de construcción y urbanización acorde a la Ordenanza y su Ley General.

Así mismo, la planificación urbana posee tres niveles de acción relacionados con los tipos de áreas donde tienen aplicación: a nivel nacional, intercomunal y comunal. En cuanto a la planificación urbana nacional, ésta estará a cargo del Ministerio de Vivienda y Urbanismo. La planificación urbana intercomunal, por su parte, regulará el desarrollo físico de las áreas urbanas y rurales de varias comunas que se integran en una misma unidad urbana. Finalmente, la planificación comunal es aquella que propiciará el desarrollo económico del territorio comunal, con énfasis en los poblados y en correspondencia con los objetivos regionales de desarrollo económico-social.

Este último tipo de planificación, el cual actúa a nivel local, se traduce en un documento que contiene las disposiciones sobre el uso del suelo en el territorio, denominado Plan Regulador Comunal. Dicho instrumento está constituido por un conjunto de normas sobre condiciones de higiene y seguridad en las construcciones y zonas urbanas, y de comodidad acorde con las zonas habitacionales, de trabajo, equipamiento y esparcimiento. Además, contiene disposiciones sobre el uso de suelo, ubicación de equipamientos, estructura vial, estacionamiento, límites urbanos, densidades e indicaciones para la expansión urbana entre otros aspectos.

91 Ministerio de Agricultura (MINAGRI). 1982.

92 Ministerio de Vivienda y Urbanismo (MINVU). 2019.

Sobre los límites urbanos y el uso de suelo urbano

La Ley General de Urbanismo y Construcción a su vez fija los límites urbanos de cada comuna y las restricciones de construcción fuera de estos. Tras el límite urbano, está prohibida la habilitación de caminos, construcción de infraestructura o conformación de poblados, exceptuando las construcciones necesarias para la explotación agrícola de los predios o con fines habitacionales por parte de sus propietarios y sus trabajadores. También se exceptúan a la norma, las viviendas sociales o aquellas con un valor de hasta 1.000 UF que cumplan con los requisitos para ser subsidiadas por el Estado⁹³.

En cuanto al uso del suelo en las áreas urbanas, esto estará dictaminado por los Planes Reguladores de cada zona y las obras que se construyan se realizarán en concordancia con lo que regulen dichos planes. El Plan Regulador se encargará de indicar limitaciones para cada tipo de suelo en función de sus características ya sea tipo de suelo o ubicación, imponiendo diferentes restricciones a la construcción dependiendo del caso. Además se encargará de definir qué zonas son de conservación histórica, lo cual significará, que para la demolición o remodelación de estos inmuebles será necesario la autorización por parte de la Secretaría Regional de Vivienda y Urbanismo correspondiente. En el caso de que se requiera un cambio de uso de suelo este deberá tramitarse como un cambio al Plan Regulador vigente, sobre el área que se quiere solicitar el cambio de uso de suelo.

Si bien esta ley menciona el recurso suelo, considera a este solo como un soporte para las edificaciones e infraestructura y no como un recurso integral que cumple otras funciones. En este sentido, la expansión urbana se realiza solo en base a las “necesidades de la ciudad” son considerar la pérdida que significa para el mundo rural el avance de las ciudades.

5.3.1.3 Ley Orgánica del Servicio Agrícola y Ganadero

La Ley Orgánica del Servicio Agrícola y Ganadero⁹⁴, en complemento con la Ley General de Urbanismo y Construcciones, define las funciones del Servicio Agrícola y Ganadero (SAG) en Chile como principal ente encargado de supervisar el uso del suelo en zonas rurales.

En este sentido, su principal atribución referente a la planificación en el uso del suelo es la responsabilidad de supervisar el cambio de su uso en sectores rurales, debiendo emitir un informe fundado y público cada vez que se solicita este cambio. Así también para la subdivisión de predios rústicos, será este organismo el encargado de certificar que se cumple la normativa vigente (ver sección 5.4.1.5).

Otras de las funciones del Servicio Agrícola Ganadero en relación a los suelos, es realizar estudios y estadísticas respecto al recurso con la finalidad de conocer su estado en el ámbito agropecuario y definir normas técnicas a nivel nacional. A su vez, recopilar y clasificar la información que se genere acompañando esto con procesos de divulgación y capacitación, y coordinándose con las otras instituciones del Estado relacionadas al tema y de similar naturaleza. Además, tiene como función el desarrollo de medidas dirigidas a la conservación de los suelos y aguas, tanto para mejorar sus condiciones de fertilidad y drenaje como para evitar su erosión. En el caso del agua, se enfoca en mejorar su manejo con finalidades agropecuarias,

Finalmente, la función que más incide sobre la conservación del recurso suelo y agua, es la potestad del Servicio de promover medidas que mejoren la capacidad productiva de los suelos y reduzcan el riesgo de su erosión, así mismo en el caso del agua, en cuanto a propiciar un manejo sustentable con la finalidad de ser utilizada en la industria agropecuaria. Para esto, el organismo puede otorgar incentivos que regula y administra, con la finalidad de introducir prácticas de conservación en el uso del agua, el suelo y su vegetación.

5.3.1.4 D.L. N° 701

El D.L. N° 701⁹⁵ fue creado en 1974, y aunque no se encuentra vigente en la actualidad, es una de las legislaciones más controversiales respecto al cambio de uso del suelo en el país. Si bien en sus inicios fue creado con la finalidad de incentivar el desarrollo forestal y proteger los suelos expuestos, fue determinante en la transición del mercado forestal en el país hacia un modelo expansivo y de rápido crecimiento, que en la actualidad, compite por espacio con la vegetación nativa⁹⁶, constituyendo sobre todo durante el primer periodo de su implementación entre 1986 y el 2001, en la Región del Maule, como una de las principales causas que afectaron al bosque nativo de la zona por sustitución⁹⁷.

El D.L. N° 701, junto con sus modificaciones, tuvo la finalidad de regular la actividad forestal sobre suelos degradados y de aptitud preferentemente forestal, incentivando la forestación con la finalidad de promover su protección y recuperación, y reducir su degradación. Entre las bonificaciones que contempla la ley se encuentran:

93 Ministerio de Vivienda y Urbanismo (MINVU). 2019.

94 Ministerio de Agricultura (MINAGRI). 2014.

95 Ministerio de Agricultura. 1974.

96 Armesto et al., 2010.

97 Heilmayr et al., 2016.

- Bonificación para la forestación o estabilización en dunas en suelos de aptitud forestal.
- Bonificación y beneficios tributarios para administrar y manejar los bosques en suelos de aptitud forestal.
- Bonificación para pequeños propietarios para actividades de forestación y manejo en bosques plantados de aptitud forestal.

A partir de la promulgación de este decreto, entre 1980-1997 se forestaron alrededor de 822.000 hectáreas, concentradas en la región del Maule y Los Lagos, siendo el total de plantaciones bonificadas por el estado hacia 1997, 94,2% correspondientes a grandes propietarios y 5,8% a pequeños propietarios.

Esta política ha tenido efectos positivos y negativos. Por una parte, fue clave en la reducción de la erosión de suelos expuestos⁹⁸, no obstante que también se han reportado impactos como la compactación, remoción, erosión y agotamiento de nutrientes de este componente, asociado a su vez, a la alteración del ciclo hidrológico y sus diversas fases⁹⁹. Por otra parte, la ley ha incidido en forma significativa en la sustitución del bosque nativo.

5.3.1.5 Decreto Ley N° 3516

Establece normas sobre subdivisión de predios rurales. Ofrece plena libertad para dividir los predios rústicos de aptitud agrícola, ganadera o forestal, manteniéndose el destino del predio original. Históricamente la subdivisión de predios destinados a la agricultura había sido objeto de normas restrictivas fundadas en la necesidad de preservar un recurso natural valioso y escaso como es el suelo, por lo que la legislación vigente hasta 1980 buscaba precisamente evitar la proliferación del minifundio improductivo.

Hoy en día, con la modificación realizada en 1980, el DL3516 es utilizado con la finalidad de crear parcelas de agrado, que han llevado a dejar improductivas miles de hectáreas, además de presentar una urbanización encubierta generando transformaciones no planificadas en el espacio rural, eludiendo las exigencias de la Ley General de Urbanismo y construcción. Esto ha generado una serie de núcleos semiurbanos al margen de toda planificación, con todos los problemas en cuanto a abastecimiento de servicios que esto conlleva, lo que se suma a la pérdida para siempre de una serie de servicios ecosistémicos de valiosos suelos.

5.3.1.6 Distrito de Conservación de suelos, bosques y agua

El artículo 3° de la Ley N° 18.378 establece que “En los predios agrícolas ubicados en áreas erosionadas o en inminente riesgo de erosión deberán aplicarse aquellas técnicas y programas de conservación que indique el Ministerio de Agricultura”¹⁰⁰. Con tal objetivo, el Presidente de la República, por decreto expedido a través del Ministerio de Agricultura, podrá crear en las áreas mencionadas ‘distritos de conservación de suelos, bosques y aguas’. Un Distrito de Conservación busca por tanto conservar y/o restaurar la capacidad productiva de los suelos a través de la gestión adecuada del agua, bosques y suelo, y así resguardar las actividades productivas del territorio declarado. Si bien, la Ley reemplaza a una incluso más antigua, tanto la creación de distritos de conservación voluntad de la presidencia de la República como la generación de técnicas y programas asociados a la conservación de los suelos en concordancia con la Ley, no se ha generado como habría de esperarse¹⁰¹.

El estudio realizado por la Universidad de Chile (2011) en San José de Maipo, señala que existen elementos que dan cuenta de la necesidad de la declaración de un Distrito de Conservación en esta comuna. En el año 2018, por encargo del Ministerio del Medio Ambiente, la Universidad de Chile (2018) elaboró un Plan Maestro Distrital de manejo sustentable para todo el territorio de la comuna de San José de Maipo, incorporando el manejo sostenible de suelos, aguas y bosques en pro de la protección de la biodiversidad y el medio ambiente, estableciendo las buenas prácticas más deseables en función de las vocaciones de uso de las diferentes áreas de la comuna. La Figura 19 muestra la zonificación del Distrito propuesto, con las distintas capacidades de los ecosistemas de acoger actividades humanas.

Es importante consignar que no se ha declarado formalmente en el país ningún Distrito de Conservación, aun cuando existe la Ley 18.378 que faculta la creación de esta figura de protección de los recursos naturales desde el año 1984.

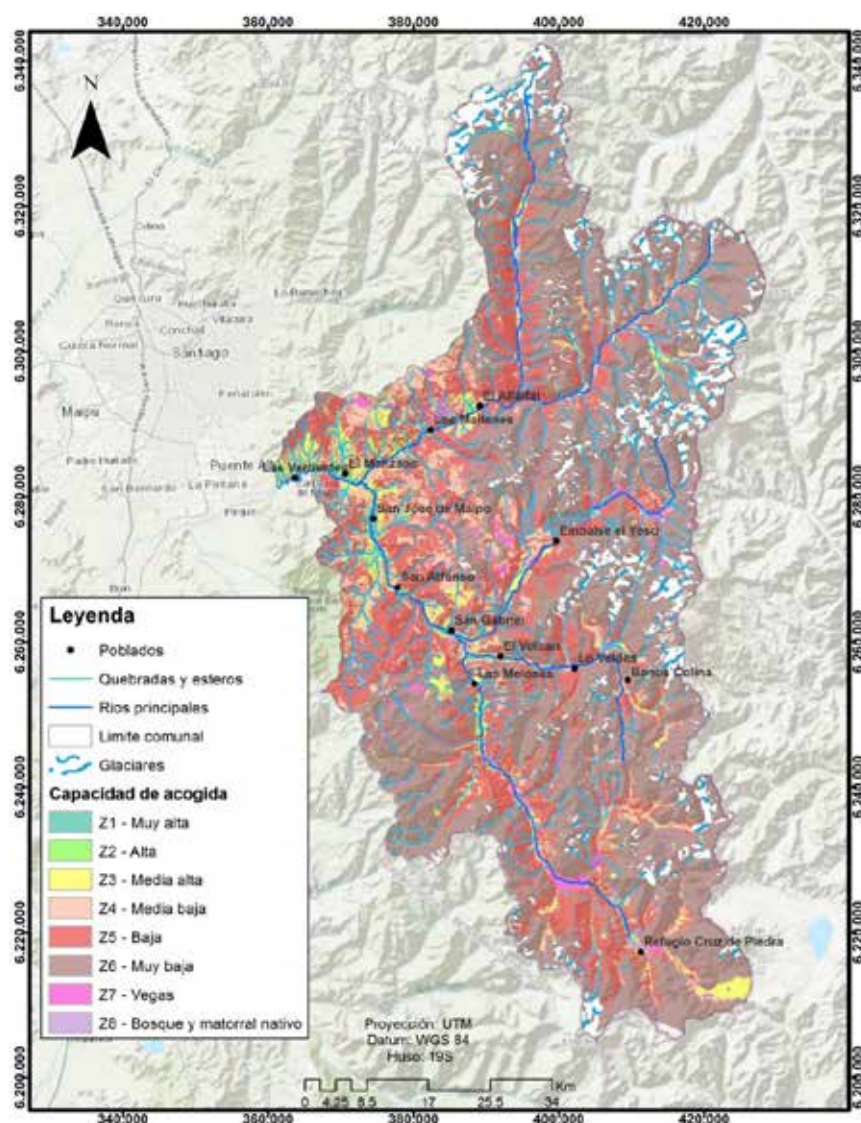
98 Unda, A. y F. Ravera. 1994.

99 Gayoso, J. y A. Iroume. 1995.

100 Ministerio de Agricultura. 1984.

101 Gallardo, E. 1994.

Figura 5.19. Zonificación del distrito de conservación Cajón del Maipo.



FUENTE: Universidad de Chile, 2011 y 2018.

5.3.2 Acciones institucionales para el manejo del suelo

5.3.2.1 Las Instituciones Públicas

Desgraciadamente, Chile no cuenta con un servicio centralizado que coordine todas las acciones del estado referentes al recurso suelo. Hoy en día, estas se encuentran dispersas en una serie de servicios, los cuales no siempre están coordinados entre sí, lo que genera un debilitamiento de la institucionalidad y de las acciones que el estado realiza en cuanto a la investigación, protección y conservación de este valioso recurso.

Servicio Agrícola y Ganadero (SAG)

En relación a la gestión ambiental del suelo, el SAG ha desarrollado diversos lineamientos estratégicos:

- Sistema de Incentivos para la Recuperación de Suelos Degradados (SIRSD).
- Fomento de Obras de Riego y Drenaje en asociación a la Comisión Nacional de Riego.

- Agricultura Orgánica para la promoción de esta práctica dado sus beneficios en los suelos.
- Mejoramiento en el manejo de residuos con la finalidad de prevenir la concentración de contaminantes y evitar sus efectos adversos en el suelo y en otros componentes del medio.

Instituto de Desarrollo Agropecuario (INDAP)

Los programas del INDAP relacionados con el manejo ambiental de los suelos son:

- Crédito de Enlace Forestal: otorga acceso y financiamiento para forestar predios o parte de ellos.
- Riego Asociativo: brinda apoyo en la generación de proyectos comunitarios de riego, que mejoren la eficiencia en el empleo del recurso agua y su aplicación sobre los suelos.
- Planteles Animales Bajo Certificación Oficial (PABCO): Incorporación de prácticas de manejo y conservación de praderas
- PRODECOP Secano: busca reducir la pobreza en zonas rurales y la degradación de los recursos naturales en las zonas del secano interior de las regiones VI, VII y VIII.

Corporación Nacional Forestal (CONAF)

Entre las actividades de la Corporación Nacional Forestal relacionadas con la gestión del suelo se pueden mencionar:

- La Ley N° 20.283 “Recuperación del Bosque Nativo y Fomento Forestal” a través del manejo del Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas del Estado, y el catastro forestal.
- Aplicación del DL 701 (1974) que incentiva la forestación en suelos de uso preferentemente forestal y suelos degradados.
- Manejo de cuencas hidrográficas, que en conjunto con la Dirección General de Aguas, busca un ordenamiento de las cuencas y la restauración hidrológica forestal y de los suelos degradados.
- Control de la desertificación, acuerdo internacional firmado por Chile en 1997 que forma parte de la Convención de las Naciones Unidas de Lucha contra la Desertificación y la Sequía (UNCCD), siendo responsabilidad de CONAF la coordinación y ejecución del Programa de Acción Nacional contra la Desertificación (PANCD).

Ministerio de Obras Públicas (MOP)

Su relación en la gestión del suelo se traduce en como el MOP a través del uso y manejo de los suelos, afecta el estado de estos. En este sentido, sus programas que tienen directa relación con el recurso son:

- Bonificación a la Inversión en Riego y Drenaje de la Ley 18.450 de la Comisión Nacional de Riego.
- Grandes y medianas obras de riego de la Dirección General de Obras Hidráulicas.

Ministerio de Vivienda y Urbanismo (MINVU)

A través de la Ley General de Urbanismo y Construcción y su normativa asociada, es el principal ente encargado de la planificación del territorio, y con ello, de los diferentes usos que se le dan a los suelos del país.

5.3.2.2 Organismos de investigación

Centro de Información de Recursos Naturales (CIREN)

Centro de Investigación en torno a los recursos naturales, desarrollan estudios relacionados a la gestión del suelo, como la zonificación de estos a nivel nacional en cuanto a su degradación y erosión.

Oficina de Estudios y Políticas Agrarias (ODEPA)

Desarrollo de investigación en política agraria, relaciones económicas internacionales y el sector agrario en general, en apoyo al Ministerio de Agricultura.

Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA)

Desarrollo de investigación agropecuaria en torno al suelo, con publicaciones relacionadas a temas de drenaje, riego, erosión, cultivos agrícolas, conservación y recuperación de suelos, entre otros.

Instituto Forestal (INFOR)

Si bien, su foco principal es el desarrollo de investigación forestal en el país, la promoción de un manejo forestal sostenible de los

bosques nativos, el monitoreo de estos ecosistemas y la recuperación de tierras en procesos de desertificación indirectamente, se relaciona a una gestión sustentable de los suelos del país.

Universidades

Las Universidades Chilenas son una fuente esencial de generación de conocimiento sobre el recurso suelo del país, así como también de generar herramientas técnicas para la conservación y manejo del mismo. En particular la Universidad de Chile, ha sido pionera en la formación de conocimiento frente al recurso, la que nace con la creación del primer laboratorio de análisis de suelo en 1887, a lo que sigue una larga trayectoria de incorporación de tecnologías y formación de profesionales dedicados al recurso. Cabe destacar también el importante aporte que realizan instituciones de educación superior como la Pontificia Universidad Católica de Chile, la Universidad de Concepción, la Universidad Austral, Universidad de la Frontera y Universidad de Talca, entre otras.

5.3.2.3 Programas específicos relevantes para la conservación del suelo

Programa para la recuperación de suelos degradados (SIRSD)

Programa establecido por la Ley 20.412¹⁰², que busca propiciar el empleo de buenas prácticas e insumos que permitan disminuir, parar o revertir los procesos de degradación de suelos y reponer la productividad de estos, fomentando así la incorporación de los agricultores y su competitividad en los mercados.

Se desarrolla a nivel nacional tanto con el sector público como privado. En el sector público es el Servicio Agrícola Ganadero y el Instituto de Desarrollo Agropecuario, con el apoyo de la Subsecretaría de Agricultura y ODEPA, los encargados de ejecutarlo. El INDAP entrega los incentivos a los pequeños agricultores mientras que el SAG atiende a todo tipo de agricultores excepto aquellos que ya hayan obtenido el beneficio por parte de INDAP. En cuanto al sector privado, son los profesionales del agro que a través de la confección de planes de manejos y estudios de los suelos participan del programa

El Programa tiene las áreas específicas o subprogramas susceptibles de ser bonificados:

- Incorporación de fertilizantes de base fosforada: restituir y mantener en el tiempo la fertilidad fosfatada natural de los suelos.
- Incorporación de elementos químicos esenciales: modificar la acidez o salinidad en exceso de los suelos o el déficit de elementos químicos fundamentales como el azufre, potasio o calcio.
- Establecimiento de una cubierta vegetal en suelos descubiertos o con cobertura deteriorada: generación o recuperación de una cubierta vegetal en suelos degradados así como sostener aquellos niveles recuperados.
- Empleo de métodos de intervención del suelo como la rotación de cultivos: su objetivo es promover el empleo de prácticas dirigidas a conservar y/o recuperar los suelos agrícolas.

Eliminación, limpia o confinamiento de impedimentos físicos o químicos: habilitación de predios agropecuarios que están en desuso por presentar características (tocones, troncos muertos, matorral sin valor forrajero, piedras, etc.), que los hacen no deseables para la agricultura.

La cifra de superficie intervenida superaría los 3 millones de hectáreas. Desafortunadamente, desde el 2010 no se han realizados estudios completos de evaluación. Esta cifra sobre recuperación es muy discutible. Si bien este programa puede llegar a tener un alto impacto en los agricultores logrando ser una parte importante de su financiamiento, no necesariamente cumple con los objetivos de recuperación de suelos degradados propuestos, por lo que en la práctica en la mayoría de los casos, correspondería más bien a un subsidio encubierto. Por otra parte, hay una cantidad significativa de la aplicación de este programa en suelos ganaderos, donde es muy difícil de estimar el impacto pues el efecto de las inversiones, como cercos, aguadas, u otras, depende de cómo se manejan los terrenos ganaderos con posterioridad a la inversión.

Programa de manejo de cuencas y conservación de suelos y aguas

Dirigido a generar acciones para el manejo sustentable de los ecosistemas forestales a nivel de cuencas hidrográficas, promueve el ordenamiento de éstas, la recuperación de suelos degradados y la restauración del ciclo hidrológico en terrenos forestales.

Como objetivo general tiene la finalidad de incorporar el suelo y el agua en la gestión de los ecosistemas forestales.

Las principales actividades asociadas al programa son:

- Recuperación de suelos degradados
- Seguimiento y actualización de la base de datos de bonificaciones forestales y por tipo de obra de RSD.
- Cooperación Técnica Triangular Chile-Japón-Tercer países.
- Evaluación de obras de recuperación de suelos bonificadas por el DL 701.
- Actualización anual de tabla de costos de bonificaciones.
- Dictado de cursos de conservación de suelos en el marco del DL 701.

Programas especiales de control de dunas

En 1899 se realizó el primer catastro de dunas entre Constitución y Llico, identificándose 27 mil ha de dunas que estaban avanzando hacia el poblado de Chanco, y para lo cual, fue necesario establecer una plantación forestal que frenara el avance de éstas siendo el primer proyecto nacional de contención de dunas. Posteriormente se desarrollaría el Proyecto Chillán, y el Proyecto Ranquilco y Paicaví en la provincia de Arauco. Este último consistió en la construcción de una duna costera artificial compuesta por empalizadas y ramas y cubierta de *Ammophila arenaria*, para impedir su avance hacia el interior. Por otra parte, en la zona norte de Tierra del fuego, se detuvo el avance de las dunas utilizando la especie *Elimus arenaria*, que una vez establecida, se complementó con la siembra de especies forrajeras en una superficie de 20.000 ha, y el manejo controlado de ovinos y bovinos que permitió abonar el sustrato y transformar el estrato superior en un suelo estabilizado.

Programa de acción nacional contra la desertificación (PANCD)

Los objetivos de este programa son determinar áreas prioritarias de prevención y control del proceso, y focalizar sus esfuerzos en aquellas áreas donde se están desarrollando acciones multisectoriales; definir roles y lograr consenso entre los distintos actores que intervienen en el tema de la desertificación y la sequía; e integrar la lucha contra la desertificación en estrategias nacionales, regionales y locales de desarrollo económico y social; así también, indicar y proponer formas participativas de incorporación de las comunidades humanas amenazadas por el proceso de desertificación.

En este contexto, en el año 2018 se generó la actualización del Programa de Acción Nacional de Lucha Contra la Desertificación, la Degradación de Tierras y la Sequía PANCD-Chile 216-2030, el cual busca aunar la Estrategia Decenal de la CNUCLD con el Programa de Acción Nacional contra la Desertificación, y generar una alianza mundial para revertir y prevenir la desertificación, la degradación de las tierras y mitigar los efectos de la sequía en las zonas afectadas, como establecer una meta de degradación neutral de las tierras hacia el año 2030. En función de las tendencias actuales de uso de los suelos se estima que será muy difícil de alcanzar esta meta.

5.3.3 Necesidad de una ley de suelos

Como se expuso anteriormente, la normativa se encuentra dispersa en diversos cuerpos legales que finalmente generan un obstáculo a la generación de un proyecto que aborde este componente y permita gestionarlo de manera efectiva. Por este motivo, se vuelve esencial avanzar hacia una Ley Marco del Suelo que actualice toda la legislación existente en esta materia y permita a su vez, cumplir con lo señalado en la Ley 19.300 de Bases del Medio Ambiente, según la cual, la ley cuidará que el uso del suelo se haga en forma racional con el objetivo de impedir su pérdida y degradación¹⁰³.

En relación a esto, Gallardo (1994)¹⁰⁴ desarrolló para la Corporación Nacional de Medio ambiente un Diagnóstico de los Aspectos Jurídicos relacionados a la Conservación de Suelos Rurales que luego, serviría para formular la Propuesta de Plan Nacional de Conservación de Suelos. Entre sus principales conclusiones fue que nunca el país ha tenido una ley de protección de suelo y que la legislación existente, está desactualizada siendo incluso obsoleta, además de no ser ni holística ni global. A su vez, concluye que de todos los componentes del ecosistema del país, el suelo ha sido el que menor protección ha recibido por parte del ordenamiento jurídico ambiental, lo que se traduce en un alto riesgo para la vida del hombre dado el rol fundamental de éste como base para las actividades antrópicas.

Si bien quedan acciones por desarrollar, la Estrategia 2016-2030 del Programa de Acción Nacional contra la Desertificación (PANCD) señala algunas de las actividades puntuales que Chile ha realizado para combatir tanto la desertificación y sequía, como la consecuente degradación de sus suelos, tales como la articulación de actores relevantes mediante sistemas de alerta temprana, la aplicación de instrumentos de fomento a la forestación y recuperación de áreas desertificadas y suelos degradados y el fomento al riego. Así, durante

103 Haro, V. 2007.

104 Gallardo, E. 1994.

el periodo 2000-2013, la inversión del Estado en instrumentos de fomento del MINAGRI relacionados al programa alcanza USD 1.578 millones con una intervención concreta de 4.266.725 hectáreas, siendo actualmente las hectáreas afectas por desertificación en Chile alrededor de 16 mil hectáreas¹⁰⁵.

Paralelamente a esta estrategia, la implementación de medidas desde otros organismos como el Programa de Recuperación de Suelos Degradados en conjunto con el INDAP ha logrado beneficiar a 214 mil agricultores recuperando 148 mil hectáreas de suelo anuales entre 1996-2009, así como otras medidas tales como el fomento a la Ley de Riego y Drenaje, la forestación de suelos degradados y la promulgación de una Ley de Bosque Nativo¹⁰⁶. Si bien, estas acciones han logrado en cierta medida promover la conservación de los suelos, tienen un carácter puntual y no son instrumentos legales integrales que aborden dicho componente.

En esta línea, en 1994 la Corporación Nacional del Medio Ambiente en conjunto con el Ministerio de Agricultura generaron una “Propuesta de Plan de Manejo Nacional de Suelos” con el fin de resguardar la protección, uso y manejo coherente de los suelos en concordancia con sus aptitudes, limitaciones y potencialidades para así evitar su degradación¹⁰⁷, este Plan resumía principios que ponían en valor el recurso suelo como patrimonio de la nación enfatizando el rol del Estado en su conservación, llegando a plantear la necesidad de la promulgación de una Ley de Conservación de Suelos que promueva instrumentos para la conservación, cuerpo legal que a la fecha aún no se ha establecido y que permitiría contar con una herramienta integral y de carácter normativo para hacer efectiva la protección de los suelos.

En cuanto a los contenidos que una ley de esta índole debería considerar, es preciso tener en consideración las recomendaciones de la FAO (2019)¹⁰⁸ en cuanto a la gestión de los suelos. Dicho organismo propone que la gestión del suelo se haga a través de un Manejo Sustentable de las Tierras (MST), lo cual busca propiciar una política y gestión de éstas que permita su gobernanza efectiva y la resolución de conflictos en cuanto a su uso y tenencia. EL MST es crucial para la conservación de la biodiversidad asociada al suelo, y para la adaptación y mitigación frente a las modificaciones del ecosistema impuestas por el cambio climático. La FAO apoya la generación de políticas asociadas al MST mediante las siguientes acciones:

- Brindar información actualizada sobre MST y la planificación del uso del suelo.
- Otorgar información sobre el manejo de tierras sometidas a sequía.
- Dar a conocer información sobre el estado de la degradación del suelo en el mundo, y su relación con el cambio climático y la generación de servicios ecosistémicos.
- Armonizar el trabajo internacional sobre políticas del MST.

Así mismo, plantea directrices¹⁰⁹ para afrontar las principales amenazas del suelo y que impiden un MST efectivo:

- Minimizar la erosión del suelo:
- Mejorar el contenido de materia orgánica del suelo
- Fomentar el equilibrio y los ciclos de nutrientes del suelo
- Prevenir, mitigar y minimizar la salinización y alcalinización de los suelos
- Prevenir y minimizar la contaminación de los suelos
- Prevenir y minimizar la acidificación de los suelos
- Preservar y mejorar la biodiversidad de los suelos
- Minimizar el sellado y conversión de los suelos
- Prevenir y mitigar la compactación del suelo
- Mejorar la gestión del agua del suelo

¹⁰⁵ Corporación Nacional Forestal (CONAF). 2016.

¹⁰⁶ CONAF. 2016.

¹⁰⁷ Haro, V. 2007.

¹⁰⁸ Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). 2019.

¹⁰⁹ Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). 2017.

En resumen, los instrumentos creados para la conservación del suelo, a través de programas de apoyo al sector silvoagropecuario basado en subsidios, han demostrado su baja eficacia debido al impacto sobre la degradación que se ha generado. Estos necesitan altos recursos financieros y de personal para lograr resultados escasos en que los privados actúan de forma pasiva frente a los incentivos estatales. Existe por tanto en Chile un gran vacío que puede ser suplido por la introducción de instrumentos efectivos que permitan promover desde lo privado acciones de conservación de los suelos. Por otro lado, existe claridad en que una de las características esenciales de la legislación relacionada al suelo en nuestro país, es que no existe un marco jurídico adecuado que lo regule. Finalmente, se hace necesaria la acción conjunta de los organismos técnicos del Estado y las Universidades, junto al cuerpo legislativo, para que Chile tenga una Ley Marco del Suelo, de manera de proteger adecuadamente este valioso recurso.

5.4 CONCLUSIONES

Tradicionalmente se asocia al suelo como el sustento de la vegetación, y por ende como un componente esencial de los sistemas productivos agrícolas y forestales. Sin embargo, el valor del suelo y la importancia de su conservación van mucho más allá de su rol más evidente, la producción de alimentos, existiendo un sinnúmero de bienes y servicios que el suelo provee y que se relacionan con la calidad del ambiente. Por ejemplo, el potencial de biodiversidad del suelo es enorme, si se toma en consideración que la mayoría de los antibióticos se han obtenido de organismos del suelo, incluyendo la penicilina.

Además, el suelo cumple un rol fundamental con respecto al cambio climático, por cuanto es reconocido como un reservorio de carbono, que almacena este elemento en mayor contenido que la atmósfera y toda la vegetación en su conjunto. Se estima que el suelo podría contribuir a capturar 20.000 megatoneladas de carbono en 25 años, lo que constituye un 10% de las emisiones mundiales de gases de efecto invernadero. Esta ambiciosa meta sólo es posible aplicando prácticas de manejo sustentable que favorezcan la captura e incorporación de carbono al suelo.

Probablemente, uno de los roles más desconocidos, pero esenciales del suelo, es su función en el ciclo hidrológico, llegando a contener dos tercios del agua dulce del planeta, transformándolo en el mayor reservorio de este vital elemento. Además, dadas sus propiedades mineralógicas, químicas y físicas, el suelo constituye un verdadero filtro para sedimentos, pesticidas, metales pesados y microorganismos patógenos, entre otros. Un manejo apropiado de los recursos hídricos contenidos en el suelo, es esencial para el mantenimiento de sus funciones y servicios ecosistémicos. El suelo es además el sostén de gran parte de las actividades humanas incluyendo la vivienda, el transporte y gran cantidad de emplazamientos industriales y productivos no agrícolas, las que muchas veces se llevan de manera no sustentable sobre este recurso.

A nivel mundial, los suelos sufren una creciente presión por la intensificación de su uso para la agricultura, el pastoreo, la silvicultura y la urbanización. Esta demanda creciente se debe principalmente al explosivo aumento de la población mundial, lo que combinado con usos y prácticas no adecuadas genera una degradación importante del recurso suelo. En el país existe la necesidad urgente de hacerse cargo de estos problemas, ya que el suelo es un recurso natural no-renovable a escala humana, cuya pérdida y degradación son generalmente irreversibles.

A pesar de ser una nación pequeña, Chile cuenta con una enorme diversidad de suelos, contando con diez de los doce órdenes de suelo hasta ahora descritos por la taxonomía de suelos (USDA). Esta diversidad está dada por un extraordinario gradiente climático, que permite que en el Desierto de Atacama existan suelos únicos, inexistentes en otras partes del planeta, que la Depresión intermedia de la zona Central se encuentre dentro de las áreas más productivas del planeta, y que los remotos fiordos de la Patagonia cuenten con un manto casi continuo de suelos orgánicos, constituyendo una reserva de carbono de nivel mundial. Este patrimonio edáfico único merece ser conocido por la nación para poder generar medidas y prácticas que ayuden a su sostenibilidad en el largo plazo.

Chile enfrenta numerosos desafíos en cuanto al recurso suelo. La zona más crítica en cuanto a las amenazas es la zona central. Por un lado esta zona del país cuenta con un pujante sector agropecuario y forestal, concentrado en los fértiles valles centrales y la Cordillera de la Costa respectivamente, y por otro, aquí se sustenta uno de los ecosistemas más amenazados del país, los que se ven continuamente presionados por el cambio de uso de suelo motivados por el desplazamiento de las actividades agrícola y forestal hacia suelos marginales, y por la expansión urbana descontrolada que está sellando para siempre con cemento los suelos más productivos del país. Solo considerando ocho ciudades de la zona central, se ha perdido más de 30.000 hectáreas de suelo agrícola de alta calidad los últimos 25 años, una cifra alarmante si se considera que Chile tiene solo un 3.3% de su superficie cubierta con suelos altamente productivos, sumando un total de 2.526.723 hectáreas (apenas 0,14 hectáreas por habitante).

Además, no se ha logrado eliminar el flagelo de la erosión, siendo esta la principal causa de degradación de los suelos, afectando sobre todo y con mayor intensidad a aquellos de las laderas de la Cordillera de la Costa. A esto se suma una serie de malas prácticas agrícolas y una laxa regulación ambiental que provoca una continua degradación del recurso. Es así como en casi todas las regiones del país se han detectado problemas de contaminación de suelos de diversa índole.

La falta de conocimiento del recurso es probablemente uno de los factores más críticos en Chile. Solo el 25% del territorio tiene cartografía oficial de suelos. Apenas se conocen los suelos que están más allá de las zonas de explotación agrícola intensiva, siendo la

mayoría de las investigaciones a escala nacional existentes basadas en herramientas satelitales y muy pocos datos de terreno. En este sentido, es crítico que se tome responsabilidad frente a la realización de los estudios necesarios para conocer los suelos que van más allá de las zonas de actual uso intensivo, ya que no se podrá protegerlos y aprovecharlos debidamente si es que aún no se conocen. Por último, se requiere urgente de una acción concreta del estado para asegurar la sostenibilidad a largo plazo del recurso, principalmente a través de dos acciones: la primera es contar con una institucionalidad única que maneje los aspectos relacionados al recurso, hoy dispersos en una serie de organismos del estado; y la segunda es contar con una legislación de ordenamiento territorial que incluya al suelo como un componente esencial dentro de las políticas de gestión del territorio. Chile es uno de los pocos países de la OCDE y de Latinoamérica que no cuenta con una legislación que proteja el recurso. En el país se debe asegurar hoy la generación de acciones conjuntas que permitan que siga existiendo suelo para las futuras generaciones.

BIBLIOGRAFÍA

- Albornoz, G. y M. Cartes. 2009. Sistema para reducir la concentración de boro en aguas de riego. Serie Experiencias de Innovación para el Emprendimiento Agrario. Fundación para la Innovación Agraria (FIA). Arica, Chile. 30p.
- Antilén, M., N. Araya, M. Briceno y M. Escudey. 2006. Changes on chemical fractions of heavy metals in Chilean soils amended with sewage sludge affected by a thermal impact. *Soil Research*, 44: 619-625.
- Armesto, J., C. Villagrán, J. Aravena, C. Pérez, C. Smith-Ramírez, M. Cortés y L. Hedin. 1995. Conifer forests of the Chilean coastal range. In: Hill, R.S., Enright, N. (Eds.), *Ecology of the Southern Conifers*. Melbourne University Press. Melbourne, Australia. pp. 156-170.
- Armesto, J., D. Manushevich, A. Mora, C. Smith-Ramírez, R. Rozzi, A. Abarzúa y P. Marquet. 2010. From the Holocene to the Anthropocene: A historical framework for land cover change in southwestern South America in the past 15,000 years. *Land Use Policy*, 27(2): 148-160.
- Armesto, J., M. Arroyo y L. Hinojosa. 2007. The Mediterranean Environment of Central Chile. In: Veblen, T., Young, K., Orme, A. (Eds.). *The Physical Geography of South America*. Oxford University Press. Nueva York, EE.UU. pp. 184-199.
- Berasaluce, M., P. Mondaca, M. Schuhmacher, M. Bravo, S. Sauvé, C. Navarro-Villaroel, E. Dovletyarova y A. Neaman. 2019. Soil and indoor dust as environmental media of human exposure to As, Cd, Cu, and Pb near a copper smelter in central Chile. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*, 54: 156-162.
- Besoain, E., R. Ruiz y C. Hepp. 1995. La erupción del Volcán Hudson, XI Región, y sus consecuencias para la agricultura. *Agricultura Técnica*, 55: 204-219.
- Bonomelli, C., C. Bonilla, A. Valenzuela y N. Saavedra. 2002. Presencia de Cadmio en fertilizantes fosfatados de diferente procedencia comercializados en Chile, segunda temporada. *Simiente*, 72(1-2): 9-16.
- Brunel-Saldias, N., I. Martínez, O. Seguel, C. Ovalle y E. Acevedo. 2016. Structural characterization of a compacted alfisol under different tillage systems. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 16(3): 689-701.
- Bundschuh, J., M. Litter, F. Parvez, G. Román-Ross, H. Nicolli, J. Jean, C. Liu, D. López, M. Armienta, L. Guilherme, A. Gómez-Cueva, L. Cornejo, L. Cumbal y R. Toujaguez. 2012. One century of arsenic exposure in Latin America: a review of history and occurrence from 14 countries. *Science of the Total Environment*, 429: 2-35.
- Cáceres, V., D. Gruttner y N. Contreras. 1992. Water recycling in arid regions: Chilean case. *Ambio* 21(2): 138-144.
- Cáceres-Jensen, L., J. Gan, M. Baez, R. Fuentes y M. Escudey. 2009. Adsorption of glyphosate on variable-charge, volcanic ash-derived soils. *Journal of environmental quality*, 38: 1449-1457.
- Cáceres-Jensen, L., J. Rodríguez-Becerra, J. Parra-Rivero, M. Escudey, L. Barrientos y V. Castro-Villa. 2013. Sorption kinetics of diuron on volcanic ash derived soils. *Journal of hazardous materials*, 261: 602-613.
- Caldenius, C. 1932. Las glaciaciones cuaternarias en la Patagonia y Tierra del Fuego. *Geografiska Annaler*, 14: 1-164.
- Calderón, R., F. Godoy, M. Escudey y P. Palma. 2017. A review of perchlorate (ClO_4^-) occurrence in fruits and vegetables. *Environmental monitoring and assessment*, 189(2): 82.
- Calderón, R., P. Palma, D. Parker y M. Escudey. 2014a. Capture and accumulation of perchlorate in lettuce. Effect of genotype, temperature, perchlorate concentration, and competition with anions. *Chemosphere*, 111: 195-200.
- Calderón, R., P. Palma, D. Parker, M. Molina, F. Godoy y M. Escudey. 2014b. Perchlorate levels in soil and waters from the Atacama Desert. *Archives of environmental contamination and toxicology*, 66(2): 155-161.
- Calderon, R., P. Palma, F. Godoy y M. Escudey. 2016. Sorption and fate of perchlorate in arid soils. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 62(10): 1437-1450.
- Carretier, S., V. Tolorza, V. Regard, G. Aguilar, M. Bermúdez, J. Martinod, J. Guyot, G. Hérail y R. Riquelme. 2018. Review of erosion dynamics along the major NS climatic gradient in Chile and perspectives. *Geomorphology* 300: 45-68.
- Casanova, M., O. Salazar, O. Seguel y W. Luzio. 2013. *The soils of Chile*. Springer Science & Business Media. Santiago, Chile. 183p.
- Castañeda, L. y O. Barbosa. 2017. Metagenomic analysis exploring taxonomic and functional diversity of soil microbial communities in Chilean vineyards and surrounding native forests. *PeerJ*, 5: e3098.
- Castañeda, L., T. Miura, R. Sánchez y O. Barbosa. 2018. Effects of agricultural management on phyllosphere fungal diversity in vineyards and the association with adjacent native forests. *PeerJ*, 6: e5715.
- Cazanga, M., M. Gutierrez, M. Escudey, G. Galindo, A. Reyes y C. Andrew. 2008. Adsorption isotherms of copper, lead, nickel, and zinc in two Chilean soils in single- and multi-component systems: sewage sludge impact on the adsorption isotherms of Diguillín soil. *Soil Research*, 46: 53-61.
- Centro de Estudios para América Latina y el Caribe (CEPAL). 2005. *Evaluaciones del desempeño ambiental-Chile*. OCDE-Naciones Unidas. Santiago, Chile. 275p.
- Centro de Información de Recursos Naturales (CIREN). 2010. Determinación de la Erosión Potencial y Actual del Territorio de Chile. Disponible en <http://repositoriodigital.corfo.cl/bitstream/handle/11373/3214/06CN12IAM12_IF.pdf?sequence=14> Citado el 30 de agosto del 2019.
- Chesworth, W. 2007. *Encyclopedia of soil science*. Springer Science & Business Media. Canadá. 849p.
- Corporación Nacional de Medio Ambiente (CONAMA). 2008. *Biodiversidad de Chile: Patrimonio y Desafíos*. Ocho Libros Editores. Santiago, Chile. 640p.
- Corporación Nacional Forestal (CONAF) y Comisión Nacional de Medio Ambiente (CONAMA). 1999. *Catastro y evaluación de recursos vegetacionales nativos de Chile*. Informe Nacional con Variables Ambientales. Santiago, Chile. 89p.
- Corporación Nacional Forestal (CONAF). 2010. *Los grandes incendios forestales en Chile 1985-2009*. Manual de trabajo 539. CONAF. Santiago, Chile. 79p.
- Corporación Nacional Forestal (CONAF). 2016. *Programa de Acción Nacional contra la desertificación PANCD-Chile 2016-2030*. Santiago, Chile. 236p.
- Corporación Nacional Forestal (CONAF). 2017. *Superficie de uso de suelo regional*. Disponible en <<http://www.conaf.cl/nuestros-bosques/bosques-en-chile/catastro-vegetacional/>>. Citado el 30 de agosto del 2019.
- Corradini, F., F. Meza y R. Calderón. 2017. Trace element content in soil after a sediment-laden flood in northern Chile. *Journal of Soils and Sediments*, 17(10): 2500-2515.
- Corradini, F., F. Nájera, M. Casanova, Y. Tapia, R. Singh y O. Salazar. 2015. Effects of maize cultivation on nitrogen and phosphorus loadings to drainage channels in Central Chile. *Environmental Monitoring and Assessment*, 187(11): 697.
- Corradini, F., P. Meza, R. Eguiluz, F. Casado, E. Huerta-Lwanga y V. Geissen. 2019. Evidence of microplastic accumulation in agricultural soils from sewage sludge disposal. *Science of the Total Environment*, 671: 411-420.
- Curtis, T., W. Sloan y J. Scannell. 2002. Estimating prokaryotic diversity and its limits. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 99(16): 10494-10499.

- De Gregori, I., E. Fuentes, M. Rojas, H. Pinochet y M. Potin-Gautier. 2003. Monitoring of copper, arsenic and antimony levels in agricultural soils impacted and non-impacted by mining activities, from three regions in Chile. *Journal of Environmental Monitoring*, 5(2): 287-295.
- De Gregori, I., G. Lobos, S. Lobos, H. Pinochet, M. Potin-Gautier y M. Astruc. 2000. Comparative study of copper and selenium pollution in agricultural ecosystems from Valparaíso Region, Chile. *Environmental technology*, 21(3): 307-316.
- Díaz, C. y C. Wright. 1965. Soils of the Arid Zones of Chile. *Soils Bulletin*. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). 128p.
- Díaz, C., C. Áviles y R. Roberts. 1959. Los grandes grupos de suelos de la provincia de Magallanes. *Agricultura Técnica* 19-20: 227-238.
- Donoso, G., J. Cancino y A. Magri. 1999. Effects of agricultural activities on water pollution with nitrates and pesticides in the Central Valley of Chile. *Water Science and Technology*, 39(3): 49-60.
- Dörner, J., D. Dec, X. Peng y R. Horn. 2010. Effect of land use change on the dynamic behaviour of structural properties of an Andisol in southern Chile under saturated and unsaturated hydraulic conditions. *Geoderma*, 159(1-2): 189-197.
- Dörner, J., P. Sandoval y D. Dec. 2010. The role of soil structure on the pore functionality of an Ultisol. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 10(4): 495-508.
- Dörner, J., R. Horn, D. Dec, O. Wendroth, H. Fleige y F. Zúñiga. 2017. Land-use-dependent change in the soil mechanical strength and resilience of a shallow volcanic ash soil in Southern Chile. *Soil Science Society of America Journal*, 81(5): 1064-1073.
- Echeñique, J. y L. Romero. 2009. Evolución de la Agricultura Familiar en Chile 1997-2007. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). Santiago, Chile. 124p.
- Elgueta, M. y F. Rojas. 2000. Hymenoptera de Chile. Hacia un proyecto CYTED para el inventario y estimación de la diversidad entomológica en Iberoamérica: Pribes-2000. En: Martín-Piera, F., J. Morrone y A. Melic (Eds). *Monografías Tercer Milenio*. Zaragoza, España. pp. 245-251.
- Ellies, A. 1995. Efecto del manejo sobre las propiedades físicas de suelos trumaos y rojo arcillosos. *Bosque*, 16(2): 101-110.
- Ericksen, G. 1983. The Chilean Nitrate Deposits: The origin of the Chilean nitrate deposits, which contain a unique group of saline minerals, has provoked lively discussion for more than 100 years. *American Scientist*, 71: 366-374.
- Escobar, G. 2016. Estructura y tenencia de la tierra agrícola en América Latina y el Caribe. Nueva Sociedad. Disponible en <https://nuso.org/media/documents/PERS_Reinecke_Faiguenbaum_FF_HhTg5ke.pdf> Citado el 30 de agosto del 2019.
- Escudé, M., G. Galindo, K. Avendaño, D. Borchardt, A. Chang y M. Briceño. 2004. Distribution of phosphorus forms in Chilean soils and sewage sludge by chemical fractionation and ³¹P-NMR. *Journal of the Chilean Chemical Society*, 49(3): 219-222.
- European Food Safety Authority (EFSA). 2014. Scientific opinion on the risks to public health related to the presence of perchlorate in food, in particular fruits and vegetables. *EFSA Journal*, 12(10): 3869.
- Ewing, S., B. Sutter, J. Owen, K. Nishiizumi, W. Sharp, S. Cliff, K. Perry, W. Dietrich, C. MacKay y R. Amundson. 2006. A threshold in soil formation at Earth's arid-hyperarid transition. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 70(21): 5293-5322.
- Fernández-Gómez, B., J. Maldonado, D. Mandakovic, A. Gaete, R. Gutiérrez, A. Maass, V. Cambiasso y M. González. 2019. Bacterial communities associated to Chilean altiplanic native plants from the Andean grasslands soils. *Scientific reports*, 9 (1042).
- Ferreira, R., A. Aljaro, R. Ruiz, L. Rojas y J. Oster. 1997. Behavior of 42 crop species grown in saline soils with high boron concentrations. *Agricultural Water Management*, 34(2): 111-124.
- Figuerola, L., L. Tapia, E. Bastías, H. Escobar y A. Torres. 1998. Niveles de boro en el agua de riego utilizada en olivicultura del norte de Chile. En: *Memorias del Taller Internacional Gestión de la Calidad del Agua y Control de la Contaminación en América Latina y el Caribe*. Organización de las Naciones Unidas para la alimentación y la Agricultura (FAO). Arica, Chile - Tacna, Perú. pp 167-188.
- Fleige, H., S. Beck-Broichsitter, J. Dörner, M. Goebel, J. Bachmann y R. Horn. 2016. Land use and soil development in southern Chile: Effects on physical properties. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 16(3), 818-831.
- Flores, C., V. Morgante, M. González, R. Navia y M. Seeger. 2009. Adsorption studies of the herbicide simazine in agricultural soils of the Aconcagua valley, central Chile. *Chemosphere*, 74(11): 1544-1549.
- Flores, J., E. Martínez, M. Espinosa, G. Henríquez, P. Avendaño, P. Torres y I. Ahumada. 2010. Determinación de la erosión actual y potencial de los suelos de Chile: Región de La Araucanía. *Síntesis de Resultados*. Publicación n° 149. Centro de Información de Recursos Naturales (CIREN). 50p.
- Frederiksen, P. 1988. Soils of Tierra del Fuego: a satellite-based land survey approach. *CA Reitzels*. 159p.
- Gallardo, E. 1994. Marco legal de la erosión, cultivos y recuperación de suelos. En: Espinosa, M., H. Knockaert y J. Millán (Eds). *Seminario Erosión, Cultivos y Recuperación de suelos*. INFOR. Santiago, Chile.
- Gayoso, J. y A. Iroume, A. 1991. Compaction and soil disturbances from logging in: Southern Chile, *Annales des sciences forestieres*. EDP Sciences 48(1). pp. 63-71.
- Gidhagen, L., H. Kahelin, P. Schmidt-Thomé y C. Johansson. 2002. Anthropogenic and natural levels of arsenic in PM10 in Central and Northern Chile. *Atmospheric Environment*, 36(23): 3803-3817.
- Ginocchio, R., G. Carvallo, I. Toro, E. Bustamante, Y. Silva y N. Sepúlveda. 2004. Micro-spatial variation of soil metal pollution and plant recruitment near a copper smelter in Central Chile. *Environmental Pollution*, 127(3): 343-352.
- Gligo, N. 2001. Los factores críticos de la sustentabilidad ambiental del desarrollo agrícola. En: Gligo, N. *La dimensión ambiental en el desarrollo de América Latina*. Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). Santiago, Chile. pp 145-162.
- Gligo, N. 2018. Deterioro de las Praderas Magallánicas y Conservación de los Ecosistemas de la Estepa. *Academia Chilena de Ciencias Agronómicas*. 40p.
- González, I., A. Neaman, P. Rubio y A. Cortés. 2014. Spatial distribution of copper and pH in soils affected by intensive industrial activities in Puchuncavi and Quintero, central Chile. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 14(4): 943-953.
- González, P. 2019. Consumo y mercado de los fertilizantes. *Asesoría Técnica Parlamentaria*. Biblioteca del Congreso Nacional de Chile. Valparaíso, Chile. 5p.
- Gormaz, M., 1974. Las Dunas. *Corporación Nacional Forestal (CONAF)*. 138p.
- Hansen, M., S. Stehman y P. Potapov. 2010. Quantification of global gross forest cover loss. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 107(19): 8650-8655.
- Haro, V. 2007. Legislación de suelos y su protección ambiental. Tesis Magíster en Derecho Ambiental. Facultad de Derecho Ambiental, Universidad de Chile. Santiago, Chile. 99p.
- Heilmayr, R., C. Echeverría, R. Fuentes y E. Lambin. 2016. A plantation-dominated forest transition in Chile. *Applied Geography* 75: 71-82.
- Henríquez, M., J. Becerra, R. Barra y J. Rojas. 2006. Hydrocarbons and organochlorine pesticides in soils of the urban ecosystem of Chillan and Chillan Viejo, Chile. *Journal of the Chilean Chemical Society*, 51(3): 938-944.
- Hepp, K. y N. Stolpe. 2014. Caracterización y propiedades de los suelos de la Patagonia occidental (Aysén). *Boletín INIA n°298*. Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA). Coyhaique, Chile. 159p.
- Hernández, A., E. Arellano, D. Morales-Moraga y M. Miranda. 2016. Understanding the effect of three decades of land use change on soil quality and biomass productivity in a Mediterranean landscape in Chile. *Catena*, 140: 195-204.
- Hernández, M., P. Villalobos, V. Morgante, M. González, C. Reiff, E. Moore y M. Seeger. 2008. Isolation and characterization of a novel simazine-degrading bacterium from agricultural soil of central Chile, *Pseudomonas* sp. MHP41. *FEMS microbiology letters*, 286(2): 184-190.
- Herrera, B y F. Sandoval. 1966. Capacidad de Uso de la Tierra: Provincias de Atacama a Magallanes. Instituto de Investigación de Recursos Naturales (IREN). 25p.
- Instituto de Investigación de Recursos Naturales (IREN) y Departamento de Conservación de Suelos y Agua (DECSA). 1966. Informe N°7. Estudio Preliminar de la Capacidad de Uso de los Suelos en la Zona Precoastal y Cordillera de las Provincias de Aconcagua a Llanquihue. Santiago, Chile. 272p.
- Instituto de Investigaciones de Recursos Naturales (IREN). 1961-1964. Proyecto Aerofotogramétrico Chile/OEA/BID. Folleto n°1. 47p.
- Instituto Nacional de Estadística (INE). 1997-2007. Censos Agropecuarios. Disponible en <www.ine.cl> Citado el 30 de agosto del 2019.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). 2019. Climate Change and Land: an IPCC Special Report on climate change, desertification, land degradation, sustainable land management, food security and greenhouse gas fluxes in terrestrial ecosystems, United Nations. Geneva, Switzerland. 32p.
- Jorquera, M., O. Martínez, L. Marileo, J. Acuña, S. Saggat y M. Mora. 2014. Effect of nitrogen and phosphorus fertilization on the composition of rhizobacterial communities of two Chilean Andisol pastures. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 30(1): 99-107.
- Karimi, B., S. Terrat, S. Dequiedt, N. Saby, W. Horrigue, M. Lelievre, V. Nowak, C. Jolivet, D. Arrouays, P. Wincker, C. Cruaud, A. Bispo, P. Maron, N. Prevost y L. Reanjard. 2018. Biogeography of soil bacteria and archaea across France. *Science advances*, 4(7): eaat1808.

- Lagos, L., O. Navarrete, F. Maruyama, D. Crowley, F. Cid, M. Mora, y M. Jorquera. 2014. Bacterial community structures in rhizosphere microsites of ryegrass (*Lolium perenne* var. Nui) as revealed by pyrosequencing. *Biology and Fertility of Soils*, 50(8): 1253-1266.
- Lara, A., M. Solari, M. Prieto y M. Peña. 2012. Reconstrucción de la cobertura de la vegetación y uso del suelo hacia 1550 y sus cambios a 2007 en la ecorregión de los bosques valdivianos lluviosos de Chile (35°-43°30'S). *Bosque* 33(1):13-23.
- Leon, O. y M. Carrasco. 2011. Degradación Química de Suelo. *Boletín de la Sociedad Chilena de la Ciencia del Suelo*, 23: 115-122.
- Loh, J. y M. Wackernagel. 2004. Living planet report 2004. World Wild Fund (WWF). Gland, Switzerland. 44p.
- Loisel, J. y Z. Yu. 2013. Holocene peatland carbon dynamics in Patagonia. *Quaternary Science Reviews*, 69: 125-141.
- Luzio, W. 2010. Suelos de Chile. Universidad de Chile. Santiago, Chile. 360p.
- Lybrand, R., J. Bockheim, W. Ge, R. Graham, S. Hlohowskyj, G. Michalski, J. Prellwitz, J. Rensch, F. Wang y D. Parker. 2016. Nitrate, perchlorate, and iodate co-occur in coastal and inland deserts on Earth. *Chemical Geology*, 442: 174-186.
- Mandakovic, D., C. Rojas, J. Maldonado, M. Latorre, D. Travisany, E. Delage, A. Bihoué, G. Jean, F. Díaz, B. Fernández-Gómez, P. Cabrera, A. Gaete, C. Latorre, R. Gutiérrez, A. Maass, V. Cambiazo, S. Navarrete, D. Eveillard y M. González. 2018. Structure and co-occurrence patterns in microbial communities under acute environmental stress reveal ecological factors fostering resilience. *Scientific reports*, 8 (5875).
- Martínez, E., J. Fuentes, P. Silva, S. Valle y E. Acevedo. 2008. Soil physical properties and wheat root growth as affected by no-tillage and conventional tillage systems in a Mediterranean environment of Chile. *Soil and Tillage Research*, 99: 232-244.
- Maza, F., J. Maldonado, J. Vásquez, D. Mandakovic, A. Gaete, V. Cambiazo y M. González. 2019. Soil bacterial communities from the Chilean Andean highlands: taxonomic composition and culturability. *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*, 7(10).
- McInnes, S. 1994. Zoogeographic distribution of terrestrial/freshwater tardigrades from current literature. *Journal of Natural History*, 28(2): 257-352.
- McWethy, D., A. Pauchard, R. García, A. Holz, M. González, T. Veblen, J. Stahl y B. Currey. 2018. Landscape drivers of recent fire activity (2001-2017) in South-Central Chile. *PloS one*, 13(8): e0201195.
- Michalski, G., J. Böhlke y M. Thiemens. 2004. Long Term Atmospheric Deposition as the Source of Nitrate and Other Salts in the Atacama Desert, Chile: New Evidence from Mass-Independent Oxygen Isotopic Compositions. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 68(20): 4023-4038.
- Ministerio de Agricultura (MINAGRI). 1974. Decreto Ley 701. Fija régimen legal de los terrenos forestales o preferentemente aptos para la forestación, y establece normas de fomento sobre la materia. Disponible en <<https://www.leychile.cl/Navegar?idNorma=6294>> Citado el 30 de agosto del 2019.
- Ministerio de Agricultura (MINAGRI). 1982. Ley 18.097, Ley Orgánica Constitucional sobre Concesiones Mineras. Disponible en <<https://www.leychile.cl/Navegar?idNorma=29522>> Citado el 30 de agosto del 2019.
- Ministerio de Agricultura (MINAGRI). 1984. Ley 18.374 deroga la Ley 15.020 y el Decreto con Fuerza de Ley r.r.a. 26, de 1963, y establece sanciones que señala. Disponible en <<https://www.leychile.cl/Navegar?idNorma=4000>> Citado el 30 de agosto del 2019.
- Ministerio de Agricultura (MINAGRI). 2014. Ley 18.755 Establece normas sobre el Servicio Agrícola y Ganadero, deroga la Ley n° 16.640 y otras disposiciones. Disponible en <<https://www.leychile.cl/Navegar?idNorma=30135>> Citado el 30 de agosto del 2019.
- Ministerio de Agricultura. 2010. Ley 20.412 Establece un sistema de incentivos para la sustentabilidad agroambiental de los suelos agropecuarios, disponible en <<https://www.leychile.cl/Navegar?idNorma=1010857>> Citado el 30 de agosto del 2019.
- Ministerio de Vivienda y Urbanismo (MINVU). 2019. Decreto 458. Nueva Ley General de Urbanismo y Construcción. Disponible en <<https://www.leychile.cl/Navegar?idNorma=13560>> Citado el 30 de agosto del 2019.
- Miranda, A., A. Altamirano, L. Cayuela, F. Pincheira y A. Lara. 2015. Different times, same story: Native forest loss and landscape homogenization in three physiographical areas of south-central of Chile. *Applied Geography* 60: 20-28.
- Miura, T., R. Sánchez, L. Castañeda, K. Godoy y O. Barbosa. 2019. Shared and unique features of bacterial communities in native forest and vineyard phyllosphere. *Ecology and Evolution*, 9(6): 3295-3305.
- Molina, M., F. Aburto, R. Calderón, M. Cazanga y M. Escudey. 2009. Trace element composition of selected fertilizers used in Chile: phosphorus fertilizers as a source of long-term soil contamination. *Soil and Sediment Contamination*, 18(4): 497-511.
- Molina-Roco, M., M. Escudey, M. Antilén, N. Arancibia-Miranda y K. Manquían-Cerda. 2018. Distribution of contaminant trace metals inadvertently provided by phosphorus fertilisers: movement, chemical fractions and mass balances in contrasting acidic soils. *Environmental geochemistry and health*, 40(6): 2491-2509.
- Muñoz, C., P. Torres, M. Alvear y E. Zagal. 2012. Physical protection of C and greenhouse gas emissions provided by soil macroaggregates from a Chilean cultivated volcanic soil. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B–Soil & Plant Science*, 62: 739-748.
- Muñoz-Quezada, M., V. Iglesias, B. Lucero, K. Steenland, D. Boyd, K. Levy, B. Ryan, S. alvarado y C. Concha. 2012. Predictors of exposure to organophosphate pesticides in schoolchildren in the Province of Talca, Chile. *Environment international*, 47: 28-36.
- Myers, N., R. Mittermeier, C. Mittermeier, G. Da Fonseca y J. Kent. 2000. Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature*, 403(6772): 853.
- Neaman, A., L. Reyes, F. Trolard, G. Bourrié y S. Sauvé. 2009. Copper mobility in contaminated soils of the Puchuncaví valley, central Chile. *Geoderma*, 150(3-4): 359-366.
- Norambuena, V., L. Luzio, O. Zepeda, J. Stern y F. Reinoso. 2011. Preliminary survey of some soils from Chilean Altiplano near Iquique. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 11(2): 62-71.
- Núñez, P., R. Demanet, T. Misselbrook, M. Alfaro y M. Mora. 2010. Nitrogen losses under different cattle grazing frequencies and intensities in a volcanic soil of southern Chile. *Chilean Journal of Agricultural Research*, 70(2): 237-250.
- Oades, J. 1989. An introduction to organic matter in mineral soils. *Minerals in soil environments*. In: Dixon, J. y S. Weed (Eds). *Minerals in Soil Environments*. 2° Edition. Soil Science Society of America. Madison, EE.UU. pp: 89-159
- Organización de las Naciones para la Alimentación y la Agricultura (FAO). 2003. Estudios sobre tenencia de tierra: Unidades de tenencia de la tierra y desarrollo rural. Roma, Italia. Disponible en <<http://www.fao.org/3/y4307s/y4307s00.htm>> Citado el 30 de agosto del 2019.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). 2015. Estado Mundial del recurso suelo. Disponible en <<http://www.fao.org/3/a-i5126s.pdf>> Citado el 5 de julio del 2019.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). 2019. Land Policy. Disponible en <<http://www.fao.org/land-water/land/land-governance/land-policy/en>> Citado el 10 de agosto del 2019.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). 2017. Voluntary Guidelines for Sustainable Soil Management. Disponible en: <<http://www.fao.org/3/a-bl813e.pdf>> Citado el 10 de agosto del 2019.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). 2010. Terrastat online dataset. Land resource potential and constraints statistics at country and regional level. Disponible en <<http://www.fao.org/ag/agll/terrastat/#terrastatdb>> Citado el 30 de Agosto del 2019.
- Orgiazzi, A., R. Bardgett y E. Barrios. 2016. Global soil biodiversity atlas. European Commission. 176p.
- Owen, J., R. Amundson, W. Dietrich, K. Nishiizumi, B. Sutter y G. Chong. 2011. The sensitivity of hillslope bedrock erosion to precipitation. *Earth Surface Processes and Landforms*, 36(1): 117-135.
- Padarian, J., B. Minasny y A. McBratney. 2017. Chile and the Chilean soil grid: a contribution to GlobalSoilMap. *Geoderma Regional*, 9: 17-28.
- Peña, L. 1996. Introducción al estudio de los insectos de Chile. Editorial Universitaria. Santiago, Chile. 253p.
- Pepin, E., S. Carretier, J. Guyot y F. Escobar. 2010. Specific suspended sediment yields of the Andean rivers of Chile and their relationship to climate, slope and vegetation. *Hydrological Sciences Journal–Journal des Sciences Hydrologiques*, 55: 1190-1205.
- Peralta, M. 1994. Conservación y degradación de los suelos en Chile.. En: Perfil ambiental de Chile. Comisión Nacional de Medio Ambiente (CONAMA). Santiago, Chile. pp 311-364
- Perez-Quezada, J. y H. Bown (Eds.). 2015. Guía para la restauración de los ecosistemas andinos de Santiago. Universidad de Chile-Corporación Nacional Forestal (CONAF). Santiago, Chile. 115 p.
- Pfeiffer, M., C. Mascayano y F. Aburto. 2010. Soils of Chilean Patagonia in glacial and periglacial environments. *Eurasian Soil Science*, 43: 1430-1438.
- Pinochet, H., I. De Gregori, M. Lobos y E. Fuentes. 1999. Selenium and copper in vegetables and fruits grown on long-term impacted soils from Valparaíso region, Chile. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 63(3): 327-334.
- Pizarro, J., P. Vergara, J. Rodríguez y A. Valenzuela. 2010b. Heavy metals in northern Chilean rivers: spatial variation and temporal trends. *Journal of Hazardous Materials*, 181(1-3): 747-754.

- Pizarro, J., P. Vergara, J. Rodríguez, P. Sanhueza y S. Castro. 2010a. Nutrients dynamics in the main river basins of the centre-southern region of Chile. *Journal of Hazardous Materials*, 175(1-3): 608-613.
- Richtera, P., R. Seguel, I. Ahumada, R. Verdugo, J. Narváez y Y. Shibatac. 2004. Arsenic speciation in environmental samples of a mining impacted sector of central Chile. *Journal of the Chilean Chemical Society*, 49(4): 333-339.
- Rilling, J., J. Acuña, M. Sadowsky y M. Jorquera. 2018. Putative nitrogen-fixing bacteria associated with the rhizosphere and root endosphere of wheat plants grown in an Andisol from southern Chile. *Frontiers in Microbiology*, 9: 2710.
- Rodríguez-Eugenio, N., M. McLaughlin y D. Pennock. 2018. Soil pollution: a hidden reality. Organización de las Naciones para la Alimentación y la Agricultura (FAO). Roma, Italia. 92p.
- Romero, L., H. Alonso, P. Campano, L. Fanfani, R. Cidu, C. Dadea, T. Keegan, I. Thornton y M. Farago. 2003. Arsenic enrichment in waters and sediments of the río Loa (Second Region, Chile). *Applied Geochemistry*, 18(9): 1399-1416.
- Sadzawka, A. 2006. Propiedades físico-químicas de los suelos. I: Reacción (pH), acidez y alcalinidad. In: Luzio, W. y Casanova, M. (Eds.) *Avances del conocimiento de los suelos de Chile*. Universidad de Chile - Servicio Agrícola y Ganadero (SAG). Santiago, Chile. pp: 91-127.
- Salazar, O., I. Fuentes, O. Seguel, F. Nájera y M. Casanova. 2018. Assessment of nitrogen and phosphorus pathways at the profile of over-fertilised alluvial soils. Implications for best management practices. *Water, Air, & Soil Pollution*, 229(7): 223.
- Salmani-Ghabeshi, S., M. Palomo-Marín, E. Bernalte, F. Rueda-Holgado, C. Miró-Rodríguez, F. Cereceda-Balic, X. Fadic, V. Vidal, M. Funes y E. Pinilla-Gil. 2016. Spatial gradient of human health risk from exposure to trace elements and radioactive pollutants in soils at the Puchuncavi-Ventanas industrial complex, Chile. *Environmental Pollution*, 218: 322-330.
- Sandoval, M., N. Stolpe, E. Zagal y M. Mardones. 2007. The effect of crop-pasture rotations on the C, N and S contents of soil aggregates and structural stability in a volcanic soil of south-central Chile. *Acta Agriculturae Scandinavica Section B-Soil and Plant Science*, 57: 255-262.
- Santibáñez, F. 1996. Clases de suelos según manejo y potencialidad, Chile.
- Sarzetti, L., J. Genise, M. Sanchez, J. Farina y A. Molina. 2013. Nesting behavior and ecological preferences of five Diphaglossinae species (Hymenoptera, Apoidea, Colletidae) from Argentina and Chile. *Journal of Hymenoptera Research*, 33: 63-82.
- Schaller, M., T. Ehlers, K. Lang, M. Schmid y J. Fuentes-Espoz. 2018. Addressing the contribution of climate and vegetation cover on hillslope denudation, Chilean Coastal Cordillera (26°-38°S). *Earth and Planetary Science Letters*, 489: 111-122.
- Schalscha, B. y T. Ahumada. 1998. Heavy metals in rivers and soils of central Chile. *Water Science and Technology*, 37(8): 251.
- Schuster, R., D. Salcedo y L. Valenzuela. 2002. Overview of catastrophic landslides of South America in the twentieth century. *Catastrophic landslides: effects, occurrence, and mechanisms*, 15: 1-33.
- Seeger, M., M. Hernández, V. Méndez, B. Ponce, M. Córdova y M. González. 2010. Bacterial degradation and bioremediation of chlorinated herbicides and biphenyls. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 10(3): 320-332.
- Seguel, A., J. Cumming, K. Klugh-Stewart, P. Cornejo y F. Borie. 2013. The role of arbuscular mycorrhizas in decreasing aluminium phytotoxicity in acidic soils: a review. *Mycorrhiza*, 23(3): 167-183.
- Seguel, O., E. Farias, W. Luzio, M. Casanova, I. Pino, A. Parada, X. Videla y A. Nario. 2015. Physical properties of soil after change of use from native forest to vineyard. *Agro Sur*, 43(2): 29-39.
- Servicio Agrícola Ganadero (SAG) y Universidad de Chile. 2005. Informe de criterios de suelos agrícolas. SAG-Universidad de Chile. 205p.
- Silambarasan, S., P. Logeswari, P. Cornejo y V. Kannan. 2019. Role of plant growth-promoting rhizobacterial consortium in improving the *Vigna radiata* growth and alleviation of aluminum and drought stresses. *Environmental Science and Pollution Research*: 1-13.
- Singh, B., P. Millard, A. Whiteley y J. Murrell. 2004. Unravelling rhizosphere-microbial interactions: opportunities and limitations. *Trends in microbiology*, 12(8): 386-393.
- Singh, J., V. Pandey y D. Singh. 2011. Efficient soil microorganisms: a new dimension for sustainable agriculture and environmental development. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 140(3-4): 339-353.
- Singh, S., A. Tripathi, D. Maji, A. Awasthi, P. Vajpayee y A. Kalra. 2019. Evaluating the potential of combined inoculation of *Trichoderma harzianum* and *Brevibacterium halotolerans* for increased growth and oil yield in *Mentha arvensis* under greenhouse and field conditions. *Industrial Crops and Products*, 131: 173-181.
- Soto N., M. Pfeiffer y M. Galleguillos. 2019b. Caracterización y cuantificación de suelos bajo sellamiento debido a expansión urbana en Chile. XXII Congreso Latinoamericano de la Ciencia del Suelo, 7 al 11 de Octubre. Montevideo, Uruguay.
- Soto, L., M. Galleguillos, O. Seguel, B. Sotomayor y A. Lara. 2019a. Assessment of soil physical properties' statuses under different land covers within a landscape dominated by exotic industrial tree plantations in south-central Chile. *Journal of Soil and Water Conservation*, 74(1): 12-23.
- Suárez, F., E. Gúzman, J. Muñoz, J. Bachmann, C. Ortiz, C. Alister y M. Kogan. 2013. Simazine transport in undisturbed soils from a vineyard at the Casablanca valley, Chile. *Journal of Environmental Management*, 117: 32-41.
- Takazawa, Y., R. Verdugo, P. Richter, K. Kitamura, J. Choi, S. Hashimoto, H. Ito, Y. Shibata y M. Morita. 2004. Current levels of dioxins in surface soils from Santiago, Chile. *Bulletin of environmental contamination and toxicology*, 73(3): 543-550.
- Tchernitchin, A., N. Lapin, L. Molina, G. Molina, N. Tchernitchin, C. Acevedo y P. Alonso. 2006. Human exposure to lead in Chile, *Reviews of Environmental Contamination and Toxicology*, 185: 93-139.
- Torsvik, V., L. Øvreås y T. Thingstad. 2002. Prokaryotic diversity--magnitude, dynamics, and controlling factors. *Science*, 296(5570): 1064-1066.
- Tosso, J. 1985. Suelos volcánicos de Chile. Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA). Santiago, Chile. 712p.
- Tume, P., J. Bech, B. Sepúlveda, L. Tume y J. Bech. 2008. Concentrations of heavy metals in urban soils of Talcahuano (Chile): a preliminary study. *Environmental Monitoring and Assessment*, 140: 91-98.
- Tume, P., N. Roca, R. Rubio, R. King y J. Bech. 2018. An assessment of the potentially hazardous element contamination in urban soils of Arica, Chile. *Journal of Geochemical Exploration*, 184: 345-357.
- Unda, A., y F. Ravera. 1994. Análisis histórico de los sitios de establecimiento de plantaciones forestales en Chile. En: Espinosa, M., H. Knockaert y J. Millán (Eds.) *Seminario Erosión, Cultivos y Recuperación de Suelos*. Corporación Chilena de la Madera (CORMA). Santiago, Chile. pp. 13-22.
- Universidad de Chile. 2005. Informe País. Estado del Medio Ambiente en Chile. Centro de Análisis de Políticas Públicas. Santiago, Chile. 371p.
- Universidad de Chile. 2011. Informe final proyecto CORFO-Innova Chile: Sistemas de Producción Sustentable para Ecosistemas de Montaña (Santiago Andino). Facultad de Ciencias Agronómicas. Santiago, Chile. 612 pp.
- Universidad de Chile. 2018. Informe final proyecto: Elaboración del plan maestro para un distrito de conservación de suelos, aguas y bosques en la comuna de San José de Maipo. Facultad de Arquitectura y Urbanismo – Facultad de Ciencias Agronómicas. Santiago, Chile. 311 pp.
- Veit, H., 1996. Southern Westerlies during the Holocene deduced from geomorphological and pedological studies in the Norte Chico, Northern Chile (27–33 S). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 123: 107-119.
- Verdejo, J., R. Ginocchio, S. Sauvé, P. Mondaca y A. Neaman. 2016. Thresholds of copper toxicity to lettuce in field-collected agricultural soils exposed to copper mining activities in Chile. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 16(1): 154-158.
- Wagg, C., S. Bender, F. Widmer y M. Van der Heijden. 2014. Soil biodiversity and soil community composition determine ecosystem multifunctionality. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 111(14): 5266-5270.
- Wang, Z., D. Forsyth, B. Lau, L. Pelletier, R. Bronson y D. Gaertner. 2009. Estimated dietary exposure of Canadians to perchlorate through the consumption of fruits and vegetables available in Ottawa markets. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 57(19): 9250-9255.
- Wilson, T., J. Cole, C. Stewart, S. Cronin y D. Johnston. 2011b. Ash storms: impacts of wind-remobilised volcanic ash on rural communities and agriculture following the 1991 Hudson eruption, southern Patagonia, Chile. *Bulletin of Volcanology*, 73(3): 223-239.
- Wilson, T., J. Cole, S. Cronin, C. Stewart y D. Johnston. 2011a. Impacts on agriculture following the 1991 eruption of Vulcan Hudson, Patagonia: lessons for recovery. *Natural Hazards*, 57(2): 185-212.
- Zhang, Q., J. Acuña, N. Inostroza, M. Mora, S. Radic, M. Sadowsky y M. Jorquera. 2019. endophytic bacterial communities associated with roots and leaves of plants growing in Chilean extreme environments. *Scientific Reports*, 9(4950).
- Zhao, Y., D. Feng, L. Yua, X. Wang, Y. Chen, H. Hernández, M. Galleguillos, C. Estades, G. Biging, J. Radke y P. Gong. 2016. Detailed dynamic land cover mapping of Chile: accuracy improvement by integrating multi-seasonal land cover data. *Remote Sensing of Environment* 183: 170–1



CAPITULO 6

INFORME PAÍS ESTADO DEL MEDIO AMBIENTE EN CHILE
2018

6. ECOSISTEMAS MARINOS Y DEL BORDE COSTERO

6.1. ESTADO DEL BORDE COSTERO Y ECOSISTEMAS MARINOS

Este capítulo revisa el estado del borde costero de Chile, las alteraciones que ha experimentado debido a acción antrópica y al cambio climático, los factores legales que inciden en la gestión ambiental del borde costero, y el estado en que se encuentran los principales recursos pesqueros de Chile, tomando como base el estudio previo entre 1999 y 2015 y comparándolo con los datos biológico pesqueros de estos recursos en los últimos 3 años (2016-2018).

6.1.1. El borde costero.

La zona territorial conocida como borde costero es uno de los ambientes más dinámicos del planeta, con fuerte influencia de agentes meteorológicos, geológicos y oceánicos, los cuales interactúan entre sí. Se trata de un sistema natural, altamente complejo, caracterizado por múltiples recursos geográficos, muy relevantes para el ser humano. Para Chile, un país eminentemente marítimo, con una gran extensión latitudinal que va desde los 17° 30' hasta 56° 30' Sur, su borde costero continental representa una gran extensión litoral, alcanzando los 4.200 km, el cual aumenta a 83.850 km, si se consideran los bordes de las innumerables islas ubicadas desde Chiloé al Sur (Castro y Alvarado 2009). A lo anterior se le debe sumar el borde costero insular de los Archipiélagos de Juan Fernández y de Isla de Pascua.

En la topografía de la costa se definen dos regiones principales a lo largo de Chile continental (Guiler 1959; Castilla 1976; Santelices 1980). Una zona costera más extensa, ubicada entre Arica y Puerto Montt, con pocos accidentes geográficos, expuesta a viento y oleaje, con bordes rocosos en la mayor parte y pocas playas de arena, con escasas bahías protegidas. La segunda región costera continental se establece al sur de Chiloé, fragmentada, con sectores escarpados de montañas que se levanta en el mismo borde costero, cayendo de forma abrupta al mar. Esta heterogeneidad geográfica ha generado un gran número de islas que protegen la línea costera de tormentas oceánicas.

6.1.1.1. Importancia del borde costero para el ser humano hoy.

El ser humano ha habitado los sistemas costeros naturalmente desde milenios, pero hoy la situación dista mucho de ser natural y más bien está generando desequilibrios importantes, debido a la mayor ocupación humana y a la creciente dependencia de los recursos

costeros.¹

En las últimas décadas los ecosistemas marinos han experimentado alteraciones importantes debido a presiones humanas de diversa índole. Entre ellas se encuentran el cambio climático, la contaminación, la destrucción de hábitats, las invasiones biológicas y la sobreexplotación (Halpern et al. 2015; Mc Cauley et al. 2015). Particularmente los ecosistemas costeros están dentro de los más perjudicados. En el ámbito científico existe consenso de que esta demanda creciente del uso del borde costero es insostenible (Inniss et al. 2016).

Varios estudios recientes indican que los ambientes costeros son especialmente vulnerables debido a una urbanización más densa y a una mayor densidad poblacional, lo que necesariamente involucra mayor actividad económica, turismo, industrias, comercios, transporte etc. (Paula 2016; Sahoo 2018; Kantamaneni 2019).

El comienzo de este tercer milenio se encontró con la mitad de las principales ciudades del mundo (con más de 500.000 personas) desarrollándose a no más de 50 kilómetros de alguna zona costera. El crecimiento en esas ciudades desde 1960 fue significativamente mayor que en ciudades del interior del mismo tamaño (Kjerfve et al. 2002). En la actualidad, más del 40% de la población mundial vive a no más de 60 km de la costa. Si la tendencia de migración urbana hacia zonas costeras se proyecta a unos 20 años, la población costera podría reunir a más del 70% de la población mundial. La densidad de la población humana en las zonas costeras es de aproximadamente 80 personas/km², lo que equivale a dos veces la población promedio mundial.

Esta situación genera desafíos complejos, teniendo en cuenta que determinados procesos naturales, particularmente los afectados por el cambio climático, combinados con las actividades humanas, pueden convertirse en importantes factores de vulnerabilidad costera. Muchos lugares costeros en donde hoy se sigue construyendo de modo masivo, podrían verse inundados en pocos años más debido al ascenso del nivel del mar.

Es urgente por tanto una planificación diligente acerca del desarrollo y urbanización costera de modo sostenible y que vele por la seguridad de las poblaciones humanas costeras, así como también por la viabilidad de los ecosistemas costeros.²6.1.1.2. Caracterización de los ecosistemas terrestres del borde costero.

Dentro de los ecosistemas terrestres del borde costero, lejos los más importantes son los humedales. Esto es así porque estas áreas están dentro de las más productivas del mundo, desde el punto de vista biológico, y también desde los servicios ecosistémicos que entregan, es decir, el bienestar y recursos que otorgan estos ecosistemas a la especie humana (Marquet et al., 2012).. Dentro de estos servicios ecosistémicos están la capacidad de retener carbono (dos veces más que los bosques), de purificar el agua, de servir de fuente de alimento y de hábitat para una gran multiplicidad de especies, son centros productores de oxígeno, de polinización, de formación de suelos, dentro de otros muchos servicios más, incluyendo la dimensión paisajística natural que aportan. Existen variados tipos de humedales. Los hay andinos y alto-andinos, turberas en la Patagonia, humedales costeros y boscosos, entre otros. En la Figura 6.1 se observa un humedal costero de Chile central.

- 1 Castro C, Alvarado C. 2009. La Gestión del Litoral Chileno: un Diagnostico. Red IBERMAR, U. C. Chile. Instituto de Geografía, pp. 2-11.
Guiler E. 1959. The intertidal ecology of the Montemar área, Chile. Papers and Proceedings Royal Society of Tasmania, 93: 33-58.
Castilla, J.C. 1976. Ecosistemas marinos de Chile: principios generales y proposición de clasificación. En: "Preservación del Medio Ambiente Marino", F. Orrego (ed.). Instituto de Estudios Internacionales, Universidad de Chile, Santiago, pp. 22-37
Santelices B. 1980. Muestreo cuantitativo de comunidades intermareales de Chile Central. Arch. Biol. Med. Exp. 13: 413-424.
- 2 Halpern, B. S. et al. 2015. Spatial and temporal changes in cumulative human impacts on the world's ocean. Nature communications 6.
Mc Cauley, D. J. et al. 2015. Marine defaunation: Animal loss in the global ocean. Science Vol. 347, Issue 6219.
Inniss L. et al. 2016. 'The First Global Integrated Marine Assessment (World Ocean Assessment I).
Paula, J. 2016. Overall assessment of the state of the coast in the Western Indian. Ocean Reg. State Coast Rep. 500-527.
Sahoo, B.; Bhaskaran, P.K. 2018. Multi-hazard risk assessment of coastal vulnerability from tropical cyclones. A GIS based approach for the Odisha coast. J. Environ. Manag., 206, 1166-1178.
Kantamaneni, K.; Gallagher, A.; Du, X. 2019. Assessing and mapping regional coastal vulnerability for port environments and coastal cities. J. Coast. Conserv. 23, 59-70.
Kjerfve, B., W.J. Wiebe, H.H. Kremer, W. Salomons, J.I.C. Marshall Crossland, N. Morcom, N. Harvey, and J.I.O. Marshall Crossland, 2002: Caribbean Basins: LOICZ Global Change Assessment and Synthesis of River Catchment/ Island-Coastal Sea Interactions and Human Dimensions; with a desktop study of Oceania Basins. LOICZ-IPO, Texel (Netherlands), 174 pp.

Figura 6.1. Humedal de la zona costera central de Chile. (Fuente; Mariano Bernal)



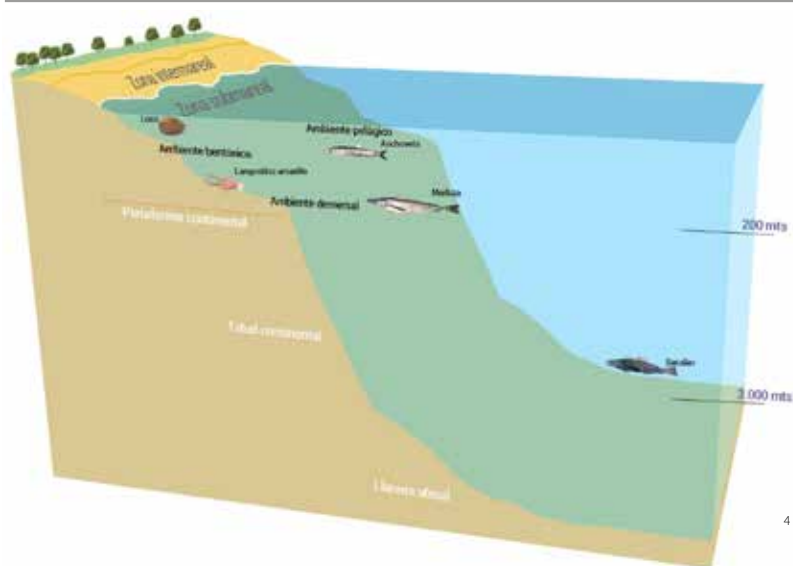
3

En las últimas décadas, Chile ha aumentado el interés por los ecosistemas de humedales, lo que puede verse reflejado en la inclusión de este tópico en el Informe País a partir del año 2012. Hasta el 2019, Chile tendría unos 40.000 humedales, de los cuales 13 de ellos han sido catalogados de Importancia Internacional (Sitios Ramsar), los cuales comprenden una superficie total aproximada de unas 360.000 hectáreas aproximadamente (WCS Chile. 2018).

6.1.2. Caracterización de los distintos hábitats marinos

En la Figura 6.2 se representan los distintos hábitats que conforman la zona costera, y que involucra aquella zona que se ubica inmediatamente por sobre el nivel máximo al que asciende la marea, la zona entre mareas y la zona submareal.

Figura 6.2. Esquema generalizado de hábitat en la zona costera de Chile.



4

6.1.2.1. El hábitat intermareal y submareal

Intermareal

Es aquella zona de transición entre el ambiente terrestre y marino, y se encuentra afectada por el régimen de mareas, quedando cubierto o descubierto por el agua en forma sucesiva de acuerdo sus ciclos (Fig. 6.2). Debido a esto, es un ambiente que presenta un enorme dinamismo y complejidad y los organismos (animales y vegetales) que se encuentran en este ambiente deben presentar adaptaciones que les permitan enfrentar condiciones extremas ante factores tales como la falta de oxígeno, aumento de las temperaturas, exposición al oleaje y a la intervención humana entre otros.

Es altamente importante por cuanto es el hábitat y lugar de alimento para diversos organismos invertebrados y vertebrados, y presenta mayor diversidad animal que vegetal. Dentro de los principales organismos animales que viven en el intermareal son crustáceos cirripedios, variados tipos de jaibas, caracoles, machas, choritos, estrellas, anémonas, entre otros. La extracción de algunos de estos recursos (machas, choritos, jaibas), como ha sido el caso de casi todos los recursos naturales en general durante la época reciente, se ha realizado en forma desmesurada, sin tomar en consideración efectos a largo plazo ni la alteración del ecosistema involucrado.

Submareal

Los ambientes submareales costeros se extienden entre 30 a 200 m de profundidad (Fig. 6.2), caracterizándose por estar asociados a la influencia de aguas de surgencia en la zona norte y central de Chile y por presentar una alta heterogeneidad de hábitat en la zona sur. Entre Arica y Chiloé la taxonomía básica de grupos dominantes de macroinvertebrados es bien conocida, en donde los invertebrados han sido el foco de estudio al ser más difícil su identificación (Bustamante, 2006).

Los patrones de biodiversidad y la organización de esta zona del ecosistema litoral dentro del norte de Chile dependen de tres factores: características de los procesos oceanográficos, el sustrato disponible y la presencia de especies estructurales (algas pardas). Estos últimos dos factores parecen proveer un territorio de alimentación y albergue para una gran variedad de organismos marinos (Reñones et al. en Cisternas y Sielfeld, 2008).

En esta zona es posible encontrar grandes comunidades de moluscos bivalvos en sus fondos, tales como almejas y navajuelas, además de otros moluscos como el “loco” y algunos peces que se desarrollan en estrecha relación con el fondo, siendo uno de los más característicos el lenguado.⁵

El molusco denominado “loco” (*Concholepas concholepas*) se extrae actualmente de manera principal a través de la producción controlada en Áreas de Manejo y Explotación de los Recursos Bentónicos (AMERB). También se presentan en forma abundante dentro del hábitat submareal, variadas especies de algas que ofrecen alimento y abrigo a las otras especies residentes, siendo una parte importante dentro de la estructura de las comunidades bentónicas. En Chile las algas pardas (*Lessonia nigrescens*, *Lessonia trabeculata* y *Macrocystis pyrifera*) conforman un recurso que se presenta a lo largo del país y su extracción conforma una actividad económica de importancia en la zona sur.

Estas algas son utilizadas como alimento en el cultivo de abalones y en la producción de alginatos (Informe Técnico N°74, 2010, Subpesca). Para proteger al recurso y favorecer la sustentabilidad de su extracción, esta actividad presenta varias medidas de regulación como vedas, talla mínima de extracción y el establecimiento de cuotas extractivas (Subpesca, 2016).

6.1.2.2. Hábitat demersal y bentónico

La zona de Demersal corresponde al área oceánica formada por la columna de agua que está cerca del fondo del mar y del bentos, y se ve afectada por el fondo marino (Fig. 6.2). Ejemplo de recursos demersales son las distintas especies de merluzas, de congrios, ciertos tiburones y rayas, algunos crustáceos, entre otros. Todos ellos viven en o cerca del fondo, llegando hasta profundidades de más o menos 500 metros.

La gran mayoría de las especies marinas vive sobre el fondo marino o bajo el (arena, limo) (Valiela 1995). A estos organismos se les llama bentónicos. A los organismos que viven bajo arena o bajo otros fondos blandos se les llama organismos de la infauna. Aquellos organismos que viven adheridos a fondos duros como rocas o corales, se les denomina organismos de la epifauna. Dado que la energía luminosa no penetra muy profundamente en el océano, la fuente de energía para gran parte de los organismos bénticos es la materia orgánica que precipita de la columna superior de agua. Alrededor de un 40% de las pesquerías globales y muchos de los ecosistemas costeros (peces, animales suspensívoros, detritívoros) son dependientes del acoplamiento existente entre al ambiente bentónico y el pelágico.

6.1.2.3. Plataforma continental

La plataforma continental corresponde al perímetro extendido de cada continente cubierto por mares con poca profundidad (unos 200 m) y con un ancho variable, de decenas de m a 90 km (Fig. 6.2). Generalmente es una de las áreas más productivas de los océanos, la que presenta mayor cantidad de vida animal y vegetal.⁶

La plataforma continental alberga a gran parte de los recursos pesqueros, con una producción primaria que pueda alcanzar hasta el 30% de todo el océano, aunque la plataforma continental solo comprende alrededor de un 7% del área oceánica mundial (Yool & Fashman 2001).

En esta zona se encuentran además varios recursos no orgánicos, como depósitos petrolíferos, hidratos de gas y minerales. Se caracteriza por presentar una gran abundancia de materia orgánica proveniente de la zona terrestre, la que aporta nutrientes para el fitoplancton.

La costa de Chile se puede dividir topográficamente en dos zonas principales: al norte y al sur de la isla grande de Chiloé (41°29' L.S.). En la región norte se presentan grandes profundidades, cañones submarinos y escasas islas, así como pocas bahías protegidas. En la zona sur, en cambio, la plataforma continental es relativamente somera y de mayor amplitud en comparación con la zona norte, formando bahías protegidas (CONAMA, 2008). Esta última zona es de extrema complejidad, y se caracteriza por la presencia de fiordos, estrechos, canales e islas que definen una región con un ecosistema único, con alta diversidad y productividad planctónica. Además, se le reconoce por ser una zona de reproducción y alimentación de aves y mamíferos marinos. También se desarrolla en esta zona gran parte de la acuicultura nacional (Subpesca.-MMA, 2015).

Esta zona de plataforma continental, unida a la zona submareal, generan una importante trama trófica, la que sostiene a varias pesquerías de vertebrados e invertebrados (Figura 6.3).

El hábitat que se genera en la plataforma continental concentra una gran actividad pesquera industrial y artesanal. La flota industrial comienza a operar en la zona central con la extracción de merluza común (*Merluccius gayi gayi*), a través de redes de arrastre. Luego, esta actividad se extendió a la explotación de otras especies de peces y crustáceos bento-demersales, siendo ampliamente desarrollada entre Antofagasta y Cabo de Hornos.⁷

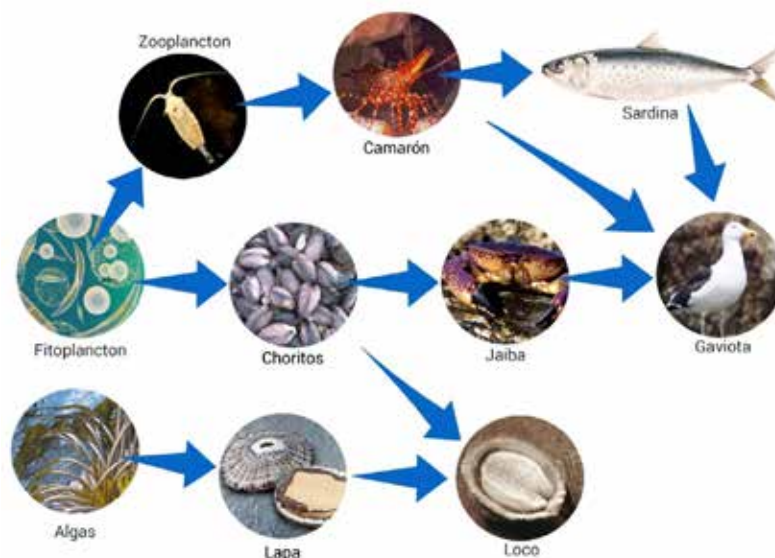
6 Valiela, I. 1995. Marine ecological processes. Springer-Verlag, New York, 686 pp

7 Informe Técnico N°74/2010. Dirección Zonal de Pesca X-XIV Regiones. 2010. Acoge medidas administrativas para el recurso algas pardas (*Lessonia nigrescens*, *Lessonia trabeculata* y *Macrocystis pyrifera*) en zonas de libre acceso de las regiones de los ríos y los lagos recomendadas mediante Inf. Téc. DZP N° 005/2010. Unidad de Recursos Bentónicos, Subsecretaría de Pesca.

Subsecretaría de Pesca y Acuicultura. 2016. Estado de Situación de las Principales Pesquerías Chilenas 2015. Recuperado de: http://www.subpesca.cl/publicaciones/606/articles-92703_recurso_1.pdf

Yool A. Fashman M. 2001. An examination of the 'continental shelf pump' in an open ocean general circulation model. *Global Biogeochemical Cycles* 15(4):831-844.
CONAMA, 2008. Biodiversidad de Chile, Patrimonio y Desafíos, Ocho Libros Editores (Santiago de Chile), 640 pp. Subsecretaría de Pesca y Acuicultura y Ministerio del Medio Ambiente. 2015. Plan de adaptación al cambio climático Pesca y Acuicultura. Propuesta Gobierno de Chile.

Figura 6.3. Esquema generalizado de una trama trófica de la zona litoral marina de Chile.



En estas zonas se estructuraron pesquerías orientadas a los recursos: camarón nailón (*Heterocarpus reed*), langostino amarillo (*Cervimunida johni*) y langostino colorado (*Pleurocondes monodon*), gamba (*Haliporoides diomedae*), besugo (*Epigonus crassicaudus*), raya volantín (*Raja flavirrostris*), entre otros (Arana, 2012).

Dada la importancia productiva de estos hábitats, el manejo pesquero debe tomar en consideración el rol ecológico de las especies capturadas y la influencia ambiental que puede tener un recurso sobre otro, dentro del equilibrio de la trama trófica (Fig. 6.3).

6.1.2.4. Hábitat pelágico (nerítico y oceánico)

El ambiente pelágico corresponde a la región oceánica ubicada fuera de la zona litoral que presenta organismos que desarrollan su ciclo de vida sin relación con el fondo de los océanos.⁸

Este hábitat se ha caracterizado por su dinamismo, presentando alternancia de especies con marcadas fluctuaciones en su abundancia provocadas por efectos ambientales y por la intervención antropogénica, lo que genera impactos en la dinámica y la estructura de las pesquerías. Gran parte de este sistema forma parte del ecosistema marino de la Corriente de Humboldt, el que se caracteriza por sus zonas de surgencia costera de agua fría, cuya alta concentración de nutrientes genera una alta productividad primaria y secundaria (Fig. 6.2).

Frente a Chile existen dos zonas diferenciadas de esta corriente: una entre Arica y Coquimbo, donde se dan condiciones de surgencia moderada y más susceptible a perturbaciones como el evento ENOS. La otra zona es frente a Chile Central (30°S-42°S), donde existe un ciclo estacional de surgencia con convergencias costeras en invierno y surgencia moderada en la época estival.

La influencia de eventos ENOS en esta zona varía de acuerdo a la magnitud de éste, siendo en general de efectos menores. Al sur de estas dos zonas, separada por la Corriente de Deriva Oeste se encuentra un ecosistema de canales y fiordos, a esta altura y circundante de la zona austral hasta las Islas Malvinas por el Mediterráneo Sur se forma la Corriente del Cabo de Hornos (Figura 6.2) (Subpesca, MMA, 2015, op. cit.).

6.1.3. Estado de la biota del borde costero

6.1.3.1. Estado de la biota del hábitat terrestre

Además de la rica heterogeneidad de hábitat que aportan los humedales, la riqueza de especies es muy alta, aportando valiosamente a la biodiversidad; desde una alta variedad de microorganismos, de invertebrados, hasta vertebrados como anfibios y aves.

Habida cuenta de estos altos servicios ecosistémicos que brindan los humedales, se tornan aún más importantes en la actualidad, dada la existencia de un creciente déficit hídrico debido a las prolongadas sequías en la zona centro sur del país, de la pérdida constante de especies en el planeta por destrucción y alteración de hábitat, y por su aporte en la batalla contra el calentamiento global al secuestrar altos contenidos de carbono.

En la actualidad estos valiosos ecosistemas se encuentran fuertemente amenazados por acción antrópica, y variadas alteraciones ambientales debidas al cambio climático, y lamentablemente se reporta una disminución progresiva de humedales a escala mundial. La pérdida de humedales continentales naturales ha sido mayor y de modo más acelerado que la de los humedales costeros naturales. La disminución de los humedales continentales se estima entre un 69% y un 75 %, mientras que los humedales costeros se habrían reducido alrededor de un 62% (Morales, Winckler & Herrera-2019).⁹

No existe un catastro comparativo de pérdida de especies debido a esta disminución, pero es evidente que los invertebrados y vertebrados presentes en los humedales se verán afectados en tanto el humedal disminuye en cantidad (área) y calidad (pérdida de hábitat). También se ven afectadas las aves migratorias que utilizan a los humedales costeros como estación de paso.

Para asegurar la protección y conservación de los humedales de nuestro país, por una parte es necesario mantener y reforzar los lazos con las estrategias integradas a nivel mundial, y por otra continuar fomentando políticas de educación, de gestión ambiental y de investigación científica a nivel nacional, éstas últimas basadas en inventarios que se actualicen periódicamente (Zedler & Kercher 2005), con un enfoque de sustentabilidad mediante sistemas integrados de protección.

Afortunadamente el Ministerio de Medio Ambiente estableció recientemente un Plan Nacional de Protección de Humedales 2018-2022, el cual identifica 40 humedales en Chile, catalogados en nivel de prioridad, con un total de 250.000 hectáreas. La idea es considerar a algunos como área protegida para apoyar su conservación, y a otros como parques nacionales o santuarios de la naturaleza (Ministerio Medio ambiente 2018).

6.1.3.2. Estado de los recursos biológicos de los ecosistemas marinos

Un factor claramente indicativo del estado de situación de los recursos pesqueros en la actualidad fue el fuerte conflicto que generó el recurso “jibia” en el sector pesquero industrial durante la redacción de este capítulo (abril-julio 2019). Se anunciaba el cierre de plantas de proceso de este recurso y el despido de centenares de trabajadores asociados a ellas, debido a la denominada “ley de la jibia”, que solo permitiría capturar este recurso con técnicas artesanales. Es claro que este calamar (mal llamado jibia), es uno de los pocos recursos pesqueros actuales con niveles de abundancia suficiente para mantener activo al sector pesquero artesanal y parte del sector industrial. Sin embargo, esta problemática socioeconómica detonada por cambios legales en la extracción del recurso jibia, refleja uno de los graves fenómenos vinculados a la sobreexplotación de los recursos pesqueros marinos.

RECURSOS DEL HÁBITAT SUBMAREAL

“ERIZO ROJO”

Taxonomía:

Orden: Echinoida

Familia: Echinidae

Especie: *Loxechinus albus* (Molina, 1782)



Distribución Geográfica: El erizo rojo se distribuye en todo el litoral chileno, desde Arica (18° LS), hasta el Cabo de Hornos (55° LS) (Castilla 1990¹⁰), concentrándose principalmente en los primeros 30 m de profundidad, aunque existen reportes de grupos menores hasta los 300 m (Larraín 1975¹¹).

9 Morales E., P. Winckler & M. Herrera-2019. Costas de Chile. Publicaciones Universidad de Valparaíso. 206 pág.

10 Castilla J.C. 1990. El erizo chileno *Loxechinus albus*: importancia pesquera, historia de vida, cultivo en laboratorio y repoblación natural. Cultivos de moluscos en América Latina (83-96).

11 Larraín A. 1975. Los equinoideos regulares fósiles y recientes de Chile. Gayana Zoología 35: 1-188.

Características biológicas y ecológicas: El erizo rojo tiene preferencia por hábitats someros, lo que se relaciona con su dieta, principalmente herbívora, la que es fuertemente dependiente de los cinturones de macroalgas (Vásquez et al. 1984¹²). El principal periodo reproductivo para *L. albus* es variable a lo largo del país, influido por las diferencias latitudinales de temperatura y fotoperiodo (Zamora & Stotz 1992¹³).

Su fecundación es externa, con estados larvales prisma y pluteus, de permanencia en el plancton por breves semanas, y luego metamorfoseando a un erizo juvenil (Bustos y Olave 2001¹⁴). Es una especie de crecimiento lento, alcanzando la talla mínima legal de extracción entre los 4 y 5 años.

Situación pesquera del recurso:

La pesquería de *L. albus* se desarrolla en régimen de Manejo y de Libertad de Pesca, con cierre de inscripción en el Registro Pesquero Artesanal desde el año 1995. Esta suspensión ha sido prorrogada entre la XV y XI regiones hasta el año 2020 (R. Ex. N° 74/2015 y R. Ex. N° 260/2015). El marco regulatorio establece una veda reproductiva entre las Regiones de Arica y Parícuta y Aysén desde el 15 de octubre al 15 de enero (D. S. N° 291/1987), entre el 16 de enero y el 01 de marzo para las Regiones Los Lagos y Aysén (D. Ex. N° 439/2000), entre el límite sur de la Región de Aysén hasta Magallanes desde el 15 de agosto al 15 de marzo (D. Ex. N° 275/1999).

Para la Región de Magallanes la veda reproductiva es entre el 01 de septiembre y el 15 de marzo (D. Ex. N° 742/2011) (Subpesca, 2019¹⁵).

Esta pesquería está regulada por el Plan de Manejo de Pesquerías Bentónicas de la Zona Contigua, el cual establece medidas de gestión tales como una cuota de extracción anual asignada por zonas de pesca, que se fracciona en cuota de investigación; una cuota estival (D.Ex. N°05/2018) y una cuota en las Regiones de Los Lagos y de Aysén y un rango de talla mínima de extracción de 65 mm de diámetro de testa.

La extracción de *L. albus* se realiza por buceo semi autónomo a lo largo de la costa chilena, los mayores desembarques se obtienen mayoritariamente desde áreas de libre acceso ubicadas entre las regiones de Los Lagos y de Magallanes (Figura 6.4.).

Figura 6.4. Desembarques anuales de erizo *L. albus* en toneladas, entre 1945 y 2018.



FUENTE: Sernapesca en Subpesca 2019, Estado de Situación de las Principales Pesquerías Chilenas 2019.

La flota operativa está conformada por un alto número de embarcaciones cuya participación presenta una dinámica asociada al periodo de vedas.

Al distinguir las características de esta pesquería según el destino de las capturas, se pueden observar diferencias en desembarques, talla de captura, dinámica de la flota, capital, trabajo y tecnología. El erizo que se destina a consumo fresco se extrae en régimen de operación diario y presenta beneficios económicos con menor esfuerzo sobre el recurso, ya que se puede comercializar con un mejor

12 Vásquez J, JC Castilla & B Santelices. 1984. Distributional patterns and diets of four species of sea urchins in giant kelp forest (*Macrocystis pyrifera*) of Puerto Toro, Navarino Island, Chile. Marine Ecology Progress Series 19: 55-63.

13 Zamora, S y W. Stotz. 1992. Ciclo reproductivo de *Loxechinus albus* (Molina, 1782) (Echinodermata: Echinoidea) en Punta Lagunillas. Revista Chilena de Historia Natural 65 (1):121-135.

14 Bustos E. y S. Olave 2001. Manual; El cultivo del erizo (*Loxechinus albus*). IFOP. División de Acuicultura. 22 pág.

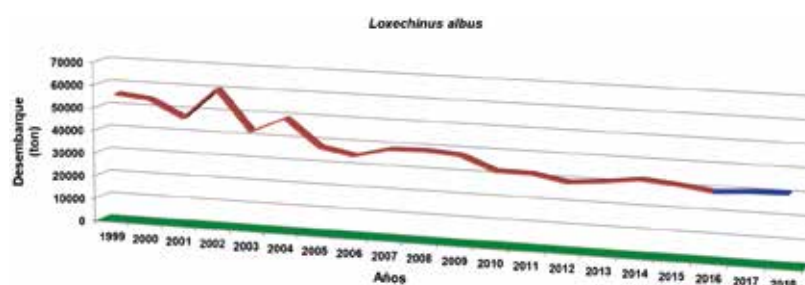
15 Subpesca.2019. Estado de Situación de las Principales Pesquerías Chilenas, año 2018.

valor que el que se destina a la industria, se obtiene principalmente en la Región de Los Lagos y su talla de extracción es mayor a la del recurso que se destina la industria, con una talla mínima de extracción de 70 mm de diámetro de testa (Informe Técnico N°10/2018, Subpesca¹⁶).

La evaluación del stock de este recurso, se realiza mediante la aplicación de dos modelos, uno considera información de captura, esfuerzo, composición de tallas y mortalidad natural y otro modelo que considera parámetros biológicos además de la información obtenida a partir del proceso de pesca, el cual incluye datos independientes a la pesquería, provenientes del monitoreo en estaciones fijas bajo la responsabilidad del Instituto de Fomento Pesquero (IFOP). Además, esta evaluación se realiza tanto en forma global como regionalizada, individualizando 3 macrozonas denominadas zona norte X Región (41,28°S - 42,15°S), zona sur X Región (42,15°S - 43,42°S) y Undécima (43,42°S - 46,5°S) (Barahona et al. 2018¹⁷).

El desembarque de *L. albus* bordea las 30.000 toneladas entre los años 2010 y 2018. Estos valores distan de lo observado a inicios de la serie presentada en la Figura 6.5, la que presenta un valor máximo alcanzado el año 2002 de 60.166 toneladas.

Figura 6.5 Desembarques anuales de erizo *L. albus* en toneladas, entre 1945 y 2018.



FUENTE: Anuarios Estadísticos, Sernapesca

El valor mínimo de la serie corresponde a 29.162 toneladas en el año 2012.

De acuerdo a lo publicado en el Informe País de 1999 (Universidad de Chile 2000¹⁸), se caracteriza a esta pesquería con valores de desembarque superiores al rendimiento máximo sostenible, por tanto con riesgo de dejar de ser sustentable. En la actualidad el deterioro del stock se ha hecho evidente al considerar los resultados obtenidos a través de los estudios existentes para esta pesquería.

Desde el año 2002 se ha trabajado en forma conjunta, integrando al sector pesquero (artesanal e industrial), a representantes de las instancias públicas y a un grupo científico de trabajo con el fin de mejorar el manejo de esta pesquería. Ello ha permitido lograr avances importantes en el control y monitoreo pesquero (Informe Técnico N°19/2005, Subpesca¹⁹).

Tras la evaluación del stock del recurso erizo, especialmente considerando la estructura de talla poblacional de la Región de Aysén, se considera que a nivel global y regional este recurso presenta niveles de deterioro asociados a la actividad pesquera con lo cual el Comité Científico Técnico Bentónico ha recomendado mantener un Status quo para la cuota extractiva año 2019 en las Regiones de Los Lagos y Aysén y la mantención de la talla mínima de captura en sectores de libre acceso en 65 mm de diámetro de testa (Informe Técnico N°01/2019, Subpesca²⁰).

Respecto a la evaluación del stock por macrozonas, existe una condición de sobreexplotación en las 3 zonas definidas, aunque la macrozona de la X Región sur presenta síntomas de recuperación. Toda la X Región ha experimentado un extenso período de anomalías negativas en los reclutamientos, lo que sería la principal causante de la reducción poblacional y en la XI Región la reducción se explicaría por niveles de esfuerzo de pesca mayores a los recomendados (Barahona et al. 2018, op. cit.).

- 16 Informe Técnico N°10/2018. Subpesca. 2018. Solicitud de suspensión de la veda biológica y establecimiento de cuota de captura del recurso erizo en la Región de Los Lagos y Región de Aysén, temporada estival 2019 (enero y febrero).
- 17 Barahona, N., P. Araya, O. Gallo, A. Olguín, C. Vicencio, J. Fuentes, C. Molinet, M. Díaz y J. Henríquez. Programa de Seguimiento de las Pesquerías Bentónicas, 2017. Informe Final. Mayo 2018. Convenio IFOP – Subsecretaría de Economía y EMT. 169 pp + Anexos.
- 18 Universidad de Chile. (2000). Informe País: Estado del Medio Ambiente en Chile – 1999
- 19 Informe Técnico N°19/2005. Subpesca. 2005. Extensión del área de operación de las flotas artesanales bentónicas en las regiones X y XI, 2005 – 2006, Plan de Manejo y cuota de captura de erizo 2005. Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción.
- 20 Informe Técnico N°01/2019. Subpesca. 2019. Rango de cuota global de captura y recomendación talla mínima de extracción de erizo 2019. Plan de Manejo Zona Contigua regiones de Los Lagos y Aysén.

Se ha señalado la importancia de incorporar la evaluación del estado de los recursos como parte de los elementos a considerar durante la elaboración de los Planes de Manejo bentónicos, con el fin de gestionar de forma sostenible la pesquería. Se plantea como parte de la problemática actual no contar con indicadores biológico-pesqueros, carecer de objetivos explícitos, falta de un manejo orientado a mejorar el desempeño de las poblaciones sostenedoras de las pesquerías y carencia de una evaluación protocolizada y documentada de autoevaluación de los planes de manejo (Techeira et al., 2018²¹).

En cuanto a la evaluación de la dinámica del recurso, se plantea la importancia de generar una red de monitoreo con puntos fijos de observación y períodos de observación que permitan obtener una escala espacial y temporal que sea adecuada. Para esto es indispensable gestionar un co-manejo que considere tanto la inclusión de actores que trabajan en forma permanente en la zona y que conozcan sus características geográficas, como la participación activa por parte de los pescadores (Barahona et al. 2018, op. cit).

“LOCO”



Taxonomía:

Orden: Neogastropoda

Familia: Muricidae

Especie: *Concholepas concholepas* (Bruguière, 1789)

Distribución Geográfica:

El “loco” es un molusco que se distribuye latitudinalmente desde Isla Lobos Perú hasta Cabo de Hornos, Chile, por el sur, presentándose en la zona intermareal hasta los 40 m de profundidad.

Características biológicas y ecológicas:

Es un molusco considerado como depredador clave en la zona intermareal y submareal (Castilla, 1981²²). Es de crecimiento lento, alta longevidad, con ciclo de vida pelágico en sus etapas larvales, y bentónico (sustrato rocoso) cuando es adulto. Son sexualmente gonocóricos (sexos separados), con fecundación interna, en donde la hembra ordena sus huevos en cápsulas, las que adhiere posteriormente al sustrato rocoso.

Luego de unos 3 meses eclosionan larvas planctotróficas que asentarán en sustratos duros del submareal, después de haber derivado en la columna de agua otros 3 meses (Ramorino 1975²³; Molinet et al. 2005²⁴). Alcanza la talla media de primera madurez sexual entre los 40 y los 60 mm.

Situación pesquera del recurso:

El recurso loco es de gran importancia para el consumo humano, presentando registros de su extracción desde el 7.000 a.C. Desde inicios de la década del 80 ha sufrido las consecuencias de una gran explotación, debido al gran valor económico y comercial que representa (Bustos y Navarrete 2001²⁵).

La pesquería de *C. concholepas* se desarrolla en Régimen de Áreas de Manejo y Explotación de Recursos Bentónicos (AMERB) y de libre acceso (LGPA Art.50, Art.2, N°59) con suspensión transitoria (hasta julio 2023) para la inscripción en el Registro Pesquero Artesanal y para las embarcaciones artesanales que operan entre la Región de Arica y Parinacota y la Región de Aysén, excluyéndose de esta medida las regiones de Valparaíso, del L. B. O'Higgins, del Maule y de Magallanes (Acta N°229/2018²⁶).

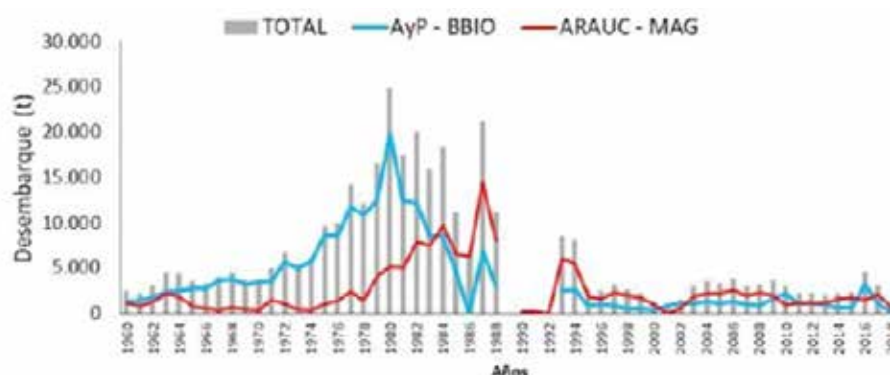
- 21 Techeira C., M. Mardones, C. Cortés, N. Barahona, P. Romero, C. Vicencio, P. Araya & O. Gallo. Programa de Seguimiento de las Pesquerías Bentónicas Bajo Planes de Manejo, Año 2017. Informe Final. Julio 2018. Convenio IFOP – Subsecretaría de Economía y EMT. 381 pp + Anexos.
- 22 Castilla, J. C. 1981. Perspectivas de investigación en estructura y dinámica de comunidades intermareales rocosas de Chile central. II. Depredadores de alto nivel trófico. Medio Ambiente, 5(12): 190-215.
- 23 Ramorino, L. 1975. Ciclo reproductivo de *Concholepas concholepas* en la zona de Valparaíso. Rev. Biol. Mar. 15(2): 149-177.
- 24 Molinet, C.; Arevalo, A.; Gonzalez, M. et al. 2005. Patrones de distribución de larvas y asentamiento de *Concholepas concholepas* (Bruguiere, 1789) (Gastropoda, Muricidae) en fiordos y canales del sur de Chile. Rev. Chil. Hist. Nat. 78 (3): 409 - 423.
- 25 Bustos, E. y F. Navarrete. 2001. Manual: El cultivo del Loco (*Concholepas concholepas*). Proyecto FONDEF D9611101. IFOP, Chile. 32 pp
- 26 Consejo Zonal de Pesca. 2018. Acta Sesión CZPA N°229. Ministerio de Economía, Fomento y Turismo. Subsecretaría de Pesca y Acuicultura. Director Zonal de Pesca de la X Región de Los Lagos.

Su captura está regulada por zona geográfica, con una talla mínima de extracción de 90 mm para las regiones de Arica y Parinacota a Antofagasta y de 100 mm entre las regiones de Atacama a Magallanes.

Ya que no existen antecedentes respecto al estado de explotación del recurso loco en áreas de libre acceso, no se conoce el estatus actual de esta pesquería, con lo cual prima el principio precautorio descrito por la LGPA. De acuerdo a esto, se ha establecido una veda extractiva hasta el año 2022 entre las regiones de Arica y Parinacota y Aysén (D. Ex. N°820/2017), esta veda excluye a todas las áreas de manejo decretadas y que tengan al “loco” como principal recurso.

Techeira et al. (2017²⁷) presentaron información actualizada de este recurso, corroborando la presencia de un impacto latitudinal sobre el crecimiento de la especie causado por la amplitud de su distribución, lo que la deja expuesta a cambios de factores bióticos y abióticos que modelan el tamaño y la composición mineral de su concha, determinando las tallas máximas que pueden alcanzar (Ramajo et al., 2015²⁸), esto concuerda con lo reportado en otros estudios. También coincide en forma parcial con la talla de primera madurez sexual establecida sobre los 6 a 7 cm, encontrándose una tendencia a ser 1 cm mayor y diferenciada entre regiones por hasta 3 cm, siendo mayor hacia el sur. En cuanto a reproducción se relacionó al período de máxima madurez, desove y concentraciones de reclutas por región y por estacionalidad, registrándose una mayor concentración de reclutas en otoño. Esto sería un indicador de que la actividad reproductiva se asocia al verano, con lo cual se concluyó que el período de veda vigente es el apropiado.

Figura 6.6. Desembarques totales anuales de “loco” en toneladas, entre 1960 y 2018. AyP-BBIO Regiones de Arica y Parinacota a Biobío); ARAUC-MAG (Regiones de Araucanía a Magallanes).



FUENTE: Sernapesca en Subpesca 2019, Estado de Situación de las Principales Pesquerías Chilenas 2019.

Actualmente la pesquería del loco se desarrolla a lo largo de todo Chile con desembarques provenientes principalmente del régimen AMERB. Las áreas de manejo que lo extraen han ido en aumento durante los últimos años (160 AMERB en el año 2014, 251 en el año 2015). Hay 14.432 personas inscritas para extraer este recurso de las cuales un 75,5% se encuentran asociados a la Región de Los Lagos (Subpesca, 2019, op. cit.).

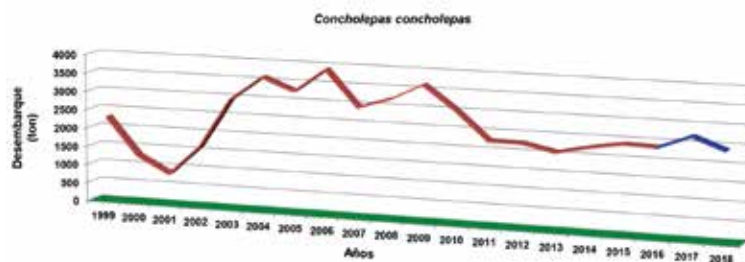
Esta pesquería presenta distintos niveles de explotación a lo largo de Chile, aunque se observa cierta estabilidad en los niveles de desembarque de los últimos años, por ello se considera una pesquería en Plena Explotación (Figura 6.6) (Informe Técnico N°12/2017²⁹).

Se ha señalado que existe evidencia de sobreexplotación en las AMERBs entre la Región del Biobío y de Aysén, hecho que concuerda con una disminución en la densidad del recurso loco (Acta N°03/2018³⁰).

Las variaciones en los desembarques de “loco” entre los años 1999 y 2018 presentan un valor mínimo de 828 toneladas el año 2001 (Figura 6.7), el cual habría sido causado por la disminución en las capturas provenientes de la XII Región, esto se atribuye principalmente a la baja productividad del recurso y a factores económicos, al presentar mejor rentabilidad la extracción de erizo (Informe Técnico

N°37/2003, Subpesca³¹). De acuerdo a datos preliminares de Sernapesca, los desembarques totales del año 2018 (2.379 toneladas) se obtuvieron entre las regiones XV y X, siendo esta última en donde se obtuvo nuevamente la mayor parte de las capturas con 1.401 toneladas.

Figura 6.7. Desembarque total de “loco” en toneladas, entre los años 1999 y 2018.



FUENTE: Anuarios Estadísticos, Sernapesca

Se plantea entre las recomendaciones descritas para el manejo del recurso loco, cómo incrementar el rendimiento y la eficiencia de las AMERBs, para lo que se sugiere la utilización de un registro de la talla crítica como medida de manejo. Esto permitiría alcanzar un mejor rendimiento económico, al ser éste un recurso cuya valoración aumenta en relación al calibre con que se comercia. También se menciona la necesidad de analizar la información biológico-pesquera junto a los procesos medioambientales que puedan haber afectado los bancos de los recursos bentónicos (Techeira, 2017 op. cit artificiales (Techeira et al., 2019³²).

En cuanto al manejo de las AMERBs como unidades independientes, tras realizar ejercicios de modelación para el recurso loco se observó una alta conectividad entre AMERBs, y entre éstas y el entorno. Señal indicativa de la necesidad de integrar al manejo de estas áreas la cooperación entre distintos grupos de investigación y de realizar estudios orientados a conocer la conectividad existente entre recursos bentónicos (González et al., 2019³³).

Por otra parte, tras una revisión a la bibliografía relacionada a la especie, destaca la falta de información sobre la ecología larval temprana de *C. concholepas* lo que afecta la comprensión de la variabilidad del reclutamiento (Cerde & Stotz, 2019³⁴).

“ALMEJA”



Taxonomía:

Orden: Veneroida

Familia: Veneridae

Especie: *Leukoma antiqua* (Venus antiqua)(King, 1832)

Especie: *Prothotaca thaca*

Distribución Geográfica:

El recurso “almeja” en Chile incluye varias especies, de las cuales *Leukoma antiqua* y *Prothotaca taca* son las que presentan los mayores desembarques. *L. antiqua* se distribuye desde Callao (Perú) hasta el Estrecho de Magallanes (Chile), con presencia también en la costa Atlántica (Guzmán et al. 1998³⁵).

31 Informe Técnico N° 37/2003. Subsecretaría de Pesca. Prórroga de la Veda Extractiva del Recurso “Loco”, Regiones I a XI. Recuperado de www.subpesca.cl/institucional/602/articles-72751_documento.doc

32 Techeira C., M. Pizarro, C. Merino & C. Cortes. 2019. Aceleración de crecimiento de loco (*Concholepas concholepas*) en arrecifes artificiales, caleta Pisagua, Región de Tarapacá. Libro de Resúmenes XXXIX Congreso de Ciencias de Mar, UNAP

33 González C., J. Bonicelli, P. Romero & L. Ariz. 2019. Modelando la conectividad de recursos bentónicos entre Áreas de Manejo: avances, desafíos y limitaciones. Libro de Resúmenes XXXIX Congreso de Ciencias de Mar, UNAP

34 Cerda O. & W. Stotz. 2019. Dinámica poblacional y dinámica larval del loco *Concholepas*: qué sabemos, qué falta y qué implicancias observamos para la pesquería? Libro de Resúmenes XXXIX Congreso de Ciencias de Mar, UNAP

35 Guzmán N.; S. Saá & L. Ortlieb. 1998. Catálogo descriptivo de los moluscos litorales (Gastrópoda y Pelecypoda) en la zona de Antofagasta, 23° S (Chile). Estad. Oceanol. 17:17-86.

Por su parte, *P. thaca* se distribuye desde Ancón (Perú) hasta el Archipiélago de los Chonos (Chile) (Osorio et al. 1979³⁶; Osorio 2002³⁷).

Características biológicas y ecológicas:

Todas las especies del grupo “almejas” son dioicas y con fecundación externa, con una larva planctónica de corta duración. Se distribuyen batimétricamente desde la zona intermareal, hasta los 40 m de profundidad, en fondos de arena o bolones.

La especie *L. antiqua* tiene un potencial de fecundidad alto, de hasta 11,5 millones promedio de ovocitos maduros en ejemplares de tallas de 60,7 mm y 70,5 mm, respectivamente (Campos et al. 1999³⁸). *P. thaca* presenta generalmente condición reproductiva durante todo el año (Guzmán et al. 1998). En la XV Región la talla de primera madurez sexual para *P. thaca* corresponde a 26.4 mm de longitud máxima para hembras y 31.9 mm para machos (Romero 2011³⁹).

Situación pesquera del recurso:

La extracción del recurso almeja se realiza durante todo el año, es una de las pesquerías nacionales de mayor antigüedad y durante los últimos años su operatividad se ha concentrado principalmente en la zona sur y austral del país. Es un recurso que se extrae de forma artesanal, cuya pesquería presenta un régimen de libertad de pesca que mantiene suspendida la inscripción en el registro pesquero artesanal en todo el territorio nacional (Res. Ex. N°3115/2013). También se obtiene mediante extracción desde áreas de manejo de recursos bentónicos y es uno de los recursos objetivo incluidos en el Plan de manejo de la Zona contigua de la región de Los Lagos y de Aysén. Tiene vigente una talla mínima de extracción de 5,5 cm de longitud valvar (D. S. MINECON N°683/1980).

Esta pesquería presenta una fase de desarrollo incipiente entre los años 1945 a 1977, con una producción destinada al consumo fresco y desembarques menores a las 10.000 toneladas. Desde 1978 hasta fines de los años ochenta, se da la apertura al mercado externo junto a un gran aumento en los desembarques que llegan a alcanzar 40.000 toneladas (Figura 6.8).

A partir del año 1989 los valores presentan grandes fluctuaciones tendientes a la disminución.

Figura 6.8. Desembarques totales de almeja en toneladas, entre 1945 y 2018



FUENTE: Sernapesca en Subpesca 2019, Estado de Situación de las Principales Pesquerías Chilenas 2019

En un análisis más detallado de los valores de desembarque total del recurso almeja de los últimos años, se observa un máximo en el año 2001 con un total de 26.483 toneladas. Al año siguiente se registró una gran caída con 5.360 toneladas, provocada porque la alta oferta del recurso en el mercado habría generado una desvalorización del producto y en consecuencia una reorientación del esfuerzo pesquero hacia un recurso más rentable. Entre los años 2015 y 2018 los estimados de desembarque se han mantenido entre las 12 mil y las 15 mil toneladas (Figura 6.9).

36 Osorio C., J. Atria y S. Mann. 1979. Moluscos marinos de importancia económica en Chile. Biol. Pesq. Chile 11: 3-47.

37 Osorio C. 2002. Moluscos marinos en Chile especies de importancia económica. Facultad de Ciencias, Universidad de Chile, 213p.

38 Campos, B.; Brown, D.; Duran L.; Melo C. & J. Urban. 1999. Estudio de edad y reproducción del recurso almeja en la IV y V Regiones. Informe Final, proyecto FIP 97-32. Fondo de Investigación Pesquera Universidad de Valparaíso. 108 pp + tablas y figs.

39 Romero M. S. 2011. Proyecto FIP N° 2008-49 "Estimación de parámetros reproductivos y determinación de parámetros de crecimiento en los recursos almejas y culenque del norte de Chile (Regiones XV, I y II)"

Figura 6.9. Desembarques totales de almeja en toneladas, entre 1999 y 2018



FUENTE: Anuarios Estadísticos, Sernapesca

Para evaluar el estado del stock de almeja, se realizó un análisis basado en la distribución espacial de la pesquería en las regiones X y XI, homologándose los principales puntos de explotación histórica del recurso a una unidad poblacional. Se ejecutaron dos procesos independientes, uno que considera la serie de datos del monitoreo del programa bentónico del IFOP y que se enmarca dentro del plan de manejo de la Bahía de Ancud, donde se concentra un 80% de las capturas entre los años 1996 y 2018. Y otro proceso que evalúa las macrozonas en regiones X Sur y XI dentro del marco del Plan de Manejo de la Zona Contigua. Entre los resultados obtenidos para la Bahía de Ancud se observó que en los últimos 30 años los niveles poblacionales han disminuido fuertemente, con una reducción de la biomasa desovante del 20%, señal de un alto riesgo de conservación, y un declive continuo del indicador de abundancia en los últimos 5 años. Sin embargo, en los años 2016 y 2017 los estimados de biomasa muestran señales de recuperación.

En cuanto a operatividad, se registró un aumento en la extracción del recurso, pasando de 141 toneladas el año 2013 a 856 toneladas el 2017 y a 1405 toneladas (dato preliminar) el año 2018, y un desplazamiento de la flota hacia el sur, explicado por el desgaste del recurso.

Respecto al Plan de Manejo de la Zona Contigua, la flota extractora total del año 2017 fue de 753 embarcaciones y de un total de 1.790 buzos, de los cuales 1.017 explotaron almeja. En cuanto al desembarque registrado para esta zona, se presentaron fluctuaciones entre los años 2011 y 2013 de 16 a 4 mil toneladas, valor que se comienza a incrementar en los años siguientes alcanzando las 5.500 toneladas el 2016. (Techeira et al. 2018, op. cit).

El año 2016 se obtuvo para la X Región norte una condición sostenida por más de dos décadas de sobreexplotación, para la X Región sur se registra un aumento progresivo de mortalidad por pesca y la XI Región se caracteriza como la mejor evaluada en términos de biomasa. Sin embargo, se señala que se requiere precaución respecto a estos resultados, debido a la incertidumbre asociada a la metodología aplicada (Subpesca, 2018⁴⁰).

En el Estado de la Situación de las Principales Pesquerías Chilenas año 2019 se resumen resultados similares a los obtenidos en el año 2016 para el recurso almeja, presentando estimados de biomasa por debajo de los niveles de referencia, una tendencia al aumento en la mortalidad por pesca y señales de una mejor condición para la Región de Aysén, que aún mantiene niveles de incertidumbre en sus análisis. Esta pesquería se encuentra calificada en estado de Plena explotación.

Respecto a la conservación del recurso, se señala que las medidas regulatorias aplicadas al recurso son mínimas, debido a lo tardío del inicio de su regulación, al tener en cuenta los años de esfuerzo pesquero y debido a que no existen registros de la situación de las poblaciones del recurso previo a su aplicación (Romero et al. 2011⁴¹). Además, se recomienda continuar recogiendo antecedentes en pos de la reestructuración espacial de las unidades para ser consideradas en estudios futuros orientados a evaluar el stock (Techeira et al. 2018 op. cit.).

40 Subpesca.2018. Estado de Situación de las Principales Pesquerías Chilenas, 2015

41 Romero. M., W. Stotz, P. Araya, F. Ruiz & J. Aburto. 2011. Informe Final Proyecto FIP N°2008-49. Estimación de parámetros reproductivos y determinación de parámetros de crecimiento en los recursos almejas y culenge del norte de Chile (Regiones XV, I y II). Universidad Católica del Norte, Facultad de Ciencias del Mar, Departamento de Biología Marina. Recuperado de: www.fip.cl/Archivos/Hitos/.../INFORME%20HITO%20FINAL256Adjunto1.pdf

“MACHA”**Taxonomía:**

Orden: Veneroida

Familia: Mesodesm

Especie: *Mesodesma donacium* (Lamarck 1818)

**Distribución Geográfica:**

M. donacium se distribuye en el Pacífico sur desde Bahía Sechura en Perú, hasta la Isla Kent, en la zona norte del Golfo de Penas (Rubilar et al. 2001⁴²). Habita de preferencia enterrada en playas arenosas, entre el intermareal y los 20 m de profundidad, en zonas de litoral expuesto a oleaje fuerte (Guzmán et al. 1998⁴³)

Características biológicas y ecológicas:

La macha se alimenta por filtración de partículas en suspensión, reproductivamente dioica, con fecundación externa, y con un ciclo reproductivo anual (Rubilar et al. 2001⁴⁴), desovando en primavera (Tarifeño 1990⁴⁵), con presencia de una larva planctónica de tipo veliger, la que luego de unos días metamorfosea a juvenil. Se le ha catalogado como una especie sensible a los cambios bruscos de temperatura, lo que le genera a las poblaciones afectadas disminución en el crecimiento y finalmente la muerte.

Situación pesquera del recurso:

Esta pesquería se encuentra con acceso cerrado en forma transitoria por 6 años en el Registro Pesquero Artesanal (R. Ex. N°970/2015). Se estableció una talla mínima de extracción de 5 cm de longitud valvar para las regiones de La Araucanía, Los Ríos y Los Lagos (D.S. N°683/1980 y de 6 cm para el resto del país (D.S. N°242/1983). La extracción se regula además mediante vedas, cuya duración se designa por área geográfica como se indica a continuación (Subpesca, 2019⁴⁶):

- Región de Los Lagos: 10 años (D. Ex. N°971/2014)
- Región de Coquimbo: 5 años (D. Ex. N°345/2016)
- Regiones de Valparaíso a Maule: 5 años (D. Ex. N°524/2017)

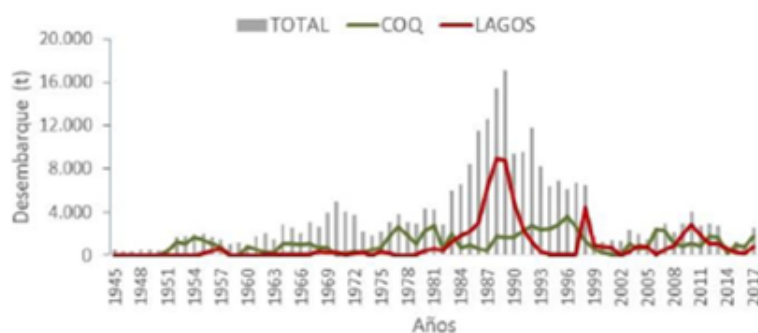
Quedando excluidas de esta última medida extractiva todas las AMERB y áreas marinas protegidas en general, que presenten en su plan de manejo o administración a la macha como especie principal. En los años 2017 y 2018 se fijan cuotas de extracción de 17.8 toneladas para las playas Pangal y Godoy y de 78 toneladas para Corcovado y Pucaihuen Región de Los Lagos (D. Ex. N°87/2018 y N°707/2017).

Este recurso se extrae en forma artesanal y presenta registros de captura desde mediados de los años cincuenta. Hasta 1982 la pesquería tiene un desarrollo incipiente con desembarques promedio de 2.577 toneladas principalmente provenientes de las Regiones de Coquimbo y Valparaíso. En los años siguientes presenta una fase de crecimiento alcanzando un valor máximo de 17.122 toneladas en el año 1989.

Hacia fines de este período, los bancos de la X Región llegan a aportar un 41% del desembarque nacional. Entre los años 1990 y 2000 el desembarque disminuyó sostenidamente, la actividad extractiva se enfocó hacia otras regiones, con gran intensidad en la I Región y se generó un colapso temporal de la pesquería en las regiones IV y V (Figura 6.10) (Informe Técnico N°64/2015, Subpesca⁴⁷).

-
- 42 Rubilar, P., L. Ariz, V. Ojeda, E. Lozada, G. Jerez, C. Osorio & I. Olivares. 2001. Estudio biológico pesquero de la macha en la X Región. Informe final. FIP 2000-17. 242 p.
- 43 Guzmán, N., S. Saá and L. Ortlieb. 1998. Descriptive catalogue of nearshore Molluscs (Gastropoda Pelecypoda) from Antofagasta area, 23°S (Chile). Estud. Oceanol. 17: 17-86.
- 44 Rubilar, P., L. Ariz, V. Ojeda, E. Lozada, G. Jerez, C. Osorio & I. Olivares. 2001. Estudio biológico pesquero de la macha en la X Región. Informe final. FIP 2000-17. 242 p.
- 45 Tarifeño, E. 1990. La macha (*Mesodesma donacium* Lamarck, 1818) y sus posibilidades de cultivo. Research associate, institute of evolutionary and environmental biology. University of California. Los Angeles. 31 p.
- 46 Informe Técnico N°006/2015. Subpesca. 2015. Comité Científico Técnico Bentónico. Veda extractiva del recurso macha, V, VI y VII regiones. Recuperado de: http://www.subpesca.cl/institucional/602/articles-88799_documento.pdf.
- 47 Informe Técnico N°064/2015 Subpesca.. 2015. Suspensión transitoria de la inscripción en el Registro Pesquero Artesanal (RPA) para el recurso macha, entre las Regiones XV de Arica – Paríacota y XI de Aysén, Período 2015-2020. Unidad de Recursos Bentónicos, Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción.
-

Figura 6.10. Desembarque total y regional de macha en toneladas años 1945 y 2017. COQ (Región de Coquimbo) y LAGOS (Región de Los Lagos).



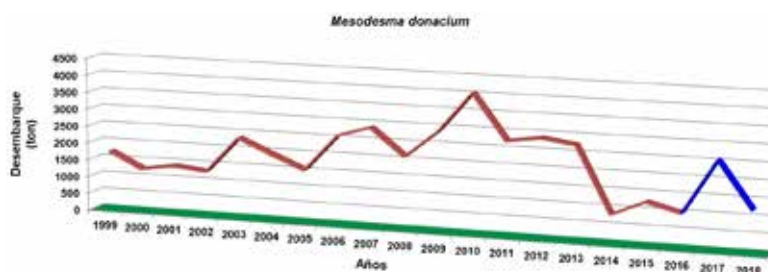
X

FUENTE: Sernapesca en Estado de Situación de las Principales Pesquerías Chilenas 2019, Subpesca.

Para evaluar la situación de esta pesquería, se ha utilizado como indicador el número y la extensión de los bancos productivos y con base en los antecedentes técnicos disponibles el Comité Científico Técnico Bentónico es el ente responsable de entregar las medidas y recomendaciones que permitan gestionar la pesquería de este recurso.

En la Figura 6.11 se presenta el desembarque total obtenido a nivel nacional entre los años 1999 y 2018. Hasta el año 2010 se pueden observar valores de desembarque totales que fluctúan con una tendencia hacia el aumento, llegando a un máximo de 4.056 toneladas. Desde el año 2011 hasta el 2018 se observa alta variabilidad en los desembarques, obteniéndose el menor registro de la serie en el año 2014 con 832 toneladas. Esta merma coincide con una disminución del esfuerzo pesquero que se ha hecho visible a través del Registro Pesquero Artesanal entre los años 2012 y 2015 probablemente debido al deterioro de los bancos (Informe Técnico N°152/2015, Subpesca⁴⁸). Varios de los bancos de macha presentes a lo largo del país exhiben una condición de deterioro, particularmente de aquellos ubicados en la zona norte.

Figura 6.11. Desembarques totales de macha en toneladas entre 1999 y 2018.



FUENTE: Anuarios Estadísticos, Sernapesca

A partir de estimados de desembarque se ha establecido que varios de los bancos ubicados en las Regiones de Arica y Parinacota y de Antofagasta se encuentran agotados o no presentan la capacidad de sostener a la pesquería y en todos éstos se ha observado en forma esporádica solamente presencia de juveniles. Esta situación de agotamiento ha sido relacionada tanto a condiciones ambientales como a una extracción excesiva del recurso (Informe Técnico N°04/2018⁴⁹).

Mediante la evaluación directa del recurso macha, se comparó la evolución de los bancos ubicados en playas de la X Región entre los años 2017 y 2018, la zona de análisis abarcó la extensión del Plan de manejo de Machas. A partir de esto, se registró la situación de deterioro que presenta este recurso, al observarse exclusivamente algunos reclutas o la ausencia absoluta de individuos en la mayoría de las playas.

48 Informe Técnico N°152/2015. Subpesca. 2015. Veda extractiva para el recurso macha (*Mesodesma donacium*), V, VI y VII regiones, 2015-2018. Unidad de Recursos Bentónicos, Departamento de Pesquerías. Subsecretaría de Pesca y Acuicultura.

49 Informe Técnico N°04/2018 Subpesca. 2018. Veda extractiva del recurso macha, Región de Arica y Parinacota a Región de Atacama, 2018-2020. Comité Científico Técnico Bentónico

Esto sitúa al año 2018 con un declive en los indicadores poblacionales de densidad y abundancia en comparación a lo observado en el año 2017. Los factores que podrían influenciar sobre esta situación incluyen: la complejidad que reviste el manejo del recurso, al ser considerado como altamente variable, con una distribución de bancos que varía anualmente según lo indicado por los usuarios locales; que presenta una fuerte interacción con la estructura de playa y del cual aún se debe estudiar la dispersión larval y el proceso de reclutamiento (Techeira et al. 2018, op. cit.).

Esta disminución evidente de los bancos de macha podría corresponder tanto a causas extractivas como a un efecto de las condiciones ambientales a las que estuvo sometido el recurso. Se señala la importancia de proteger las cohortes de reclutas, tanto frente a la actividad extractiva como a la turística. Dentro de las medidas que se recomiendan para enfrentar el desgaste actual y persistente de los bancos de macha se mencionan: establecer un plan de monitoreo poblacional de las áreas de libre acceso al recurso y promover el seguimiento de esta pesquería.

También se recomienda considerar dentro de la estrategia de manejo la detección de “pulsos” definidos como la generación de reclutamientos espasmódicos relevantes, considerar la densidad del recurso por sobre la extensión espacial de éste como indicador de abundancia ante la toma de decisiones de capturabilidad y generar estudios orientados a una mejor comprensión de los procesos que involucra el ciclo de vida del recurso incluyendo de los usuarios de la pesquería (Informe Técnico N°04/2018, Techeira et al. 2018 op. cit.).

“PULPO DEL NORTE”

Taxonomía:

Orden: Octopoda

Familia: Octopodidae

Especie: *Octopus mimus* (Gould 1852)



Distribución Geográfica:

El “pulpo del norte” se distribuye en la costa Sudamericana del Pacífico desde el norte de Perú, hasta Bahía San Vicente en Chile (36,7° Lat. Sur), y batimétricamente se le encuentra desde cerca de la superficie hasta 30 m de profundidad, en zonas con fondo rocoso (Guerra et al. 1999⁵¹).

Características biológicas y ecológicas:

Octopus mimus es un depredador oportunista, con un amplio espectro alimentario, aunque tendría preferencia por crustáceos y moluscos (Cortez et al. 1995⁵¹). Desde el punto de vista reproductivo *O. mimus* es una especie dioica, semélpara (se reproduce una sola vez), con un potencial reproductivo importante, de hasta 400.000 huevos por puesta. Los huevos son colocados en lugares protegidos en aguas someras, cuidados por la hembra hasta la eclosión (Cortés et al. 1999⁵²). Tiene desarrollo directo (sin estados larvales).

Situación pesquera del recurso:

Esta pesquería opera bajo régimen de Libertad de Pesca y de Áreas de Manejo y Explotación de Recursos Bentónicos. Por disposición de la nómina de pesquerías artesanales presenta suspensión en el Registro Pesquero Artesanal (R. Ex. N°3.115/2013).

Tiene vigente una veda biológica entre las regiones XV y IV entre el 01 de junio y el 31 de julio y desde el 01 de noviembre al 28 de febrero del siguiente año calendario (D. Ex. N°254/2000). Además, debe extraerse respetando un peso mínimo legal establecido para todo el territorio nacional de 1 kilogramo (D.S. N°137/1985). La actividad extractiva se realiza mediante buceo con el uso del “gancho” o “chope”. Aunque su unidad de pesquería ha sido designada hasta la IV Región, la extracción se realiza principalmente desde Tarapacá hasta Atacama con 330 personas registradas para explotar el recurso en estas regiones (Subpesca, 2019 op. cit.).

Se ha señalado la dificultad de obtener datos confiables sobre el esfuerzo pesquero debido a las complejas características que presentan las pesquerías bentónicas en general, en las cuales la intencionalidad del esfuerzo tiene directa relación con la abundancia del recurso, su valor económico, el poder comprador y la accesibilidad al área de extracción. Debido a esto, se considera adecuado

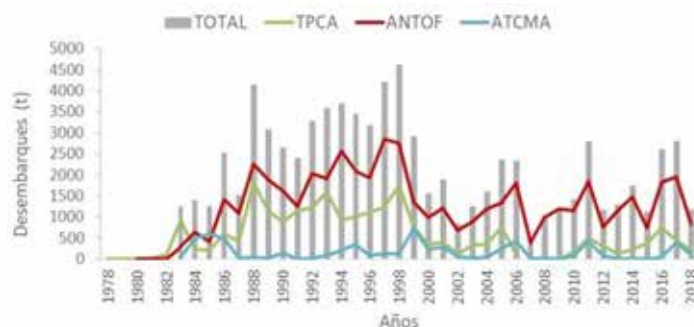
51 Cortez, T., G. Castro & A. Guerra. 1995. Feeding dynamics of *Octopus mimus* (Mollusca: Cephalopoda) in northern Chile waters. *Mar. Biol.*, 123: 497-503.
52 Cortés T., A. González; A. Guerra. 1999. growth of cultured *Octopus mimus* (Cephalopoda, Octopodidae). *Fisheries Research*, 40: 81-89.

el uso de indicadores biológicos pesqueros para determinar el estado poblacional de las especies de pulpo, descartándose la metodología de evaluación directa debido a las particularidades biológicas que presentan.

La pesquería cuenta con registros oficiales de desembarque a partir del año 1978, en el cual se presenta un máximo valor de desembarque para el año 1998 de 4.632 toneladas y valores que tienden a la disminución en los años posteriores. En los años 2005 y 2006 se obtienen valores cercanos a las 2.300 toneladas, y durante el año 2014 se obtuvo un valor de 1.743 toneladas. Según datos preliminares de SERNAPESCA, en el año 2018 se obtuvieron 2.199 toneladas, de las cuales 1456 t correspondieron a la II Región, 372 t a la I Región, 23 t a la XV Región y 290 t a la III Región.

Entre los factores que influyen el esfuerzo pesquero y la consecuente variabilidad de las capturas se encuentran el valor de compra de la industria y la abundancia del recurso (Figura 6.12).

Figura 6.12. Desembarque anual del recurso pulpo del norte, años 1978 a 2018. TPCA (Región de Tarapacá); ANTOF (Región de Antofagasta); ATCMA (Región de Atacama).



FUENTE: Sernapesca, en Estado de Situación de las Principales Pesquerías Chilenas 2019, Subpesca.

Un factor a tener en consideración es la conducta parental observada en hembras *O. mimus* con relación al cuidado de las posturas, señalándose como recomendación revisar las medidas de ordenamiento en favor de la protección de las hembras y actualizar los estudios referentes al potencial reproductivo, crecimiento y determinación de edad (Subpesca, 2016 op. cit.). De forma similar, a partir de estudios realizados por el Programa de Seguimiento de Pesquerías Bentónicas de IFOP publicados en mayo y julio 2018, se establece que el potencial reproductivo de este recurso sigue siendo vulnerable y que el peso mínimo de extracción legal no cumple el propósito de resguardar los individuos que se encuentran bajo el peso mínimo de madurez sexual.

Para la obtención de indicadores biológico-pesqueros de pesquerías bentónicas en áreas de manejo en que se extraen especies de pulpos, se ha desarrollado un protocolo de trabajo directo con los pescadores artesanales que extraen el recurso. De esta forma se puede caracterizar el régimen operacional y se genera una instancia para difundir temas relativos a buenas prácticas, como el respeto de las zonas de crianza y la no captura de pulpos en edad reproductiva (Romero et al. 2019⁵³).

Complementariamente, se destaca en los dos últimos años en que se evaluó la pesquería, que aún no existe suficiente conocimiento biológico de la especie. Se requieren realizar estudios orientados a conocer el potencial reproductivo, de crecimiento y edad para tener información adecuada para determinar el estado de la pesquería.

Al año 2018 esta pesquería no posee puntos biológicos de referencia, tomando en cuenta la demanda constante del mercado y desde fines de la década del 2000 no se han logrado mantener los niveles de captura, por lo tanto, se interpreta que este recurso presenta un estado de sobreexplotación (Subpesca 2018; 2019).

53 Romero P., G. Arenas, L. Ariz & Lianella Díaz. 2019. Procedimiento de Recopilación de Antecedentes de Pesquerías Bentónicas en Áreas de Manejo: pulpos y jaibas. "Programa de Seguimiento Pesquerías Bajo Régimen de Áreas de Manejo 2018" IFOP

“PULPO DEL SUR”**Taxonomía:**

Orden: Octopoda

Familia: Octopodidae

Especie: *Enteroctopus megalocyathus* (Gould 1852)

**Distribución Geográfica:**

El “pulpo del sur”, *Enteroctopus megalocyathus*, se distribuye latitudinalmente en Chile desde Puerto Montt (41°LS) hasta el Estrecho de Magallanes (53° LS).

Batimétricamente, habita desde el intermareal inferior, en cuevas o grietas, hasta los 140 m de profundidad (Vega et al. 2005⁵⁴). No obstante, la pesca artesanal en la Región de Los Lagos explota este recurso entre 1 a 48 m de profundidad (Barahona et al. 2007⁵⁵).

Características biológicas y ecológicas:

El “pulpo del sur” es un depredador oportunista de amplio espectro trófico, similar a lo reportado en otras especies de pulpos. Externamente se caracteriza por su color pardo rojizo a gris Chong et al. (2001⁵⁶). La temporada principal de postura va desde fines de invierno hasta inicios del verano (Chong et al., op. cit.). Al igual que *O. mimus*, *E. megalocyathus* es una especie dioica, semélpara y con desarrollo directo.

Situación pesquera del recurso:

Este recurso se extrae entre las regiones VIII y XII, existiendo un primer registro en las estadísticas oficiales de una tonelada de captura obtenida en la X Región. El registro se presenta en forma discontinuada hasta 1991 y a partir del año 2007 se establece la diferencia en las estadísticas de pesca entre los recursos pulpo común y pulpo del sur. En el año 1994 se obtuvo un registro máximo de 28 toneladas, desde 1995 aumentan considerablemente las capturas de la zona sur y a partir del año 2008 se comienzan a realizar estudios destinados al ordenamiento de esta pesquería (Informe Técnico 126/2012⁵⁷).

Las regulaciones decretadas para su extracción incluyen una veda biológica que rige entre el 15 de octubre y el 15 de marzo del año siguiente (D. Ex. N°791/2016) y el cierre del registro artesanal por 5 años en las regiones de Los Ríos, Los Lagos y Aysén (R. Ex. N°3127/2018), en las otras regiones que incluyen la distribución geográfica del recurso la inscripción en el RPA se encuentra suspendida (Res. Ex. N°3115/2013). Se decretó a partir del año 2016 (Res. Ex. N° 1239/2016 y N°1839/2017) la formación de un comité de manejo para la Pesquería del Pulpo del Sur de la Región de Los Lagos, el plan de manejo de esta pesquería se encuentra en construcción, considerándose como referencia lo descrito en la bibliografía y casos de evaluación y monitoreo de pesquerías aplicados a nivel internacional (Techeira et al. 2018). La flota extractora opera con sistema de buceo semiautónomo y el uso de “ganchos” para efectuar la captura. La mayor fuerza laboral se concentra en las regiones del Biobío y de Los Lagos y su operatividad es mayoritariamente multiespecífica (Subpesca, 2019 op. cit.).

En la Figura 6.13 se presenta la variación de los desembarques totales anuales obtenidos de los registros contenidos en los anuarios estadísticos de pesca entre los años 1991 y 2018.

Entre los años 2002 y 2004 hubo un aumento importante en los desembarques, llegando a obtenerse un máximo de 702 toneladas, sin embargo, el año 2005 baja nuevamente a 200 t. A partir de 2006 se observó un crecimiento exponencial en los desembarques, obteniéndose el valor máximo histórico en el año 2008, cercano a 1.700 toneladas de captura, cifra que duplicó el registro más alto obtenido hasta ese momento.

- 54 Vega M. A., H. Arancibia & M. A. Carmona. 2005. Taxonomía, claves y caracteres diagnósticos de pulpos costeros comunes de aguas chilenas. Documento Técnico UNITEP N° 7, Parte I, Unidad de Tecnología Pesquera, Universidad de Concepción, 32p.
- 55 Barahona, N. y A. Olguín. 2007. IFOP. Programa de Seguimiento del estado de Situación de las Principales Pesquerías Nacionales. Pesquería de pulpo del sur *Enteroctopus megalocyathus*. Informe Final.
- 56 Chong, J., N. Cortés, R. Galleguillos & C. Oyarzun. 2001. Estudio biológico pesquero del recurso pulpo en la X y XI Regiones. Informe Final. Proyecto FIP N° 99-20, 212 pp.
- 57 Informe Técnico N° 126/2012. Subpesca. 2012. Suspensión temporal de la inscripción en el RPA para todas las categorías del recurso pulpo del sur (*Enteroctopus megalocyathus*, Gould, 1852) en la X Región de Los Lagos. Unidad de Recursos Bentónicos, división Administración Pesquera. Subsecretaría de Pesca. Recuperado de: www.subpesca.cl/institucional/602/articles-79034_documento.docx.

Figura 6.13. Desembarques totales de pulpo del sur en toneladas, entre 1999 y 2018



X

FUENTE: Sernapesca, en Estado de Situación de las Principales Pesquerías Chilenas 2019, Subpesca.

En los años 2009, 2010 y 2011 los valores vuelven a disminuir con registros de 933, 457 y 828 toneladas, respectivamente. Esto último se puede relacionar con la veda existente que permitió la captura sólo a través de pescas de investigación. Durante los últimos años los estimados de desembarque fluctúan con una tendencia a la baja.

De todas formas, estos datos duplican los registros de hace 20 años atrás, esto se explica en parte por un aumento en las áreas de captura. El año 2018 (datos preliminares) indican que el mayor porcentaje de desembarque del recurso pulpo del sur provino de la X Región (99%) y un 1% se extrajo desde la XI.

Entre los problemas que presenta el manejo de esta pesquería se menciona la gran cantidad de puertos de desembarque existentes, lo que afecta la adecuada estimación de este parámetro. En el informe creado a partir de la realización del proyecto FIPA 2016-41⁵⁸, se señala que los usuarios perciben problemas en el estado de conservación de la especie. También se indica que existen niveles de incertidumbre asociados a la extracción del recurso como parte de la fauna acompañante de pesquerías de crustáceos, lo que estaría afectando en el modelamiento de la especie. Aun así, se concluye a partir de la aplicación de un modelo edad estructurado que la condición del stock en la parte norte de la X región se encontraría en mejor condición que en la X sur, la que estaría cerca de su máxima capacidad reproductiva. Se determinó que en la zona sur los ejemplares alcanzan una longitud asintótica y un menor coeficiente de crecimiento, esto demuestra la influencia que tienen las condiciones ambientales sobre el recurso.

Se plantearon consideraciones específicas como parte del programa de seguimiento bentónico como el uso de la procedencia de pesca como fuente de información relativa a la dinámica de la población que habita en cuevas someras. De esta forma se puede tener una mejor comprensión del resultado anual de la pesquería, adecuar las medidas de manejo a las variaciones que presenta esta fracción de la población y la proposición de nuevas medidas de manejo. También se menciona la importancia de fortalecer el programa mediante la mejora de la difusión de conceptos pesqueros y de las propuestas que se planteen para el manejo pesquero, esto en función de la importancia que reviste que los usuarios se familiaricen con el trabajo desarrollado por este tipo de programas.

Con base en datos de pesos medios de hembras y machos recopilados en la Región de Los Lagos respecto al peso mínimo de primera madurez sexual fue establecido que el potencial reproductivo de la especie no sería vulnerado. *E. megalocyathus* ha sido asimilado a un estado de plena explotación (Subpesca, 2019 op. cit.).

6.2.1.3. Recursos del hábitat bento-demersal

“CONGRIO DORADO”



Taxonomía:

Orden: Ophidiiformes

Familia: Ophidiidae

Especie: *Genypterus blacodes* (Schneider, 1801)

Distribución Geográfica:

G. blacodes es un pez demersal que se distribuye sobre la plataforma continental de Chile, desde Coquimbo (30°S) hasta el Cabo de Hornos (57°S), siendo su mayor concentración poblacional entre las regiones X y XII (Paredes y Bravo, 2005⁵⁹). Sin embargo, se encuentra también en el Atlántico frente a Argentina y Uruguay, en Oceanía frente a Nueva Zelanda y sur de Australia y en Tasmania (Young et al. 1984⁶⁰). Su rango principal de distribución batimétrica es entre los 50 y los 500 m.

Características biológicas y ecológicas:

El congrio dorado es un depredador voraz, alimentándose principalmente de las especies de merluza en la zona sur austral y de eufáusidos.

El desove ocurre desde agosto a diciembre, realizándose principalmente en el área norte de la pesquería demersal austral (Aguayo et al. 2001⁶¹). Los individuos de esta especie poseen mediana longevidad, baja fecundidad y hábitos sedentarios, con los ejemplares adultos viviendo enterrados en fondos blandos (Ward et al. 2001⁶²).

Situación pesquera del recurso:

Para poder evaluar el stock de congrio dorado y determinar el estado del recurso se considera una separación en unidad de pesquería norte (41°28,6' L.S. – 47°00' L.S.) y unidad de pesquería sur (47°00' L.S. – XII Región). Ambas se encuentran con suspensión para el otorgamiento de nuevas autorizaciones de pesca. Se restringe la extracción mediante especificaciones a los artes y aparejos de pesca y a la determinación de una cuota global de captura.

Su gestión pesquera se regula a través de la aplicación de un plan de manejo y un plan de reducción del descarte y captura incidental para cada unidad de pesquería (Subpesca, 2019 op. cit.).

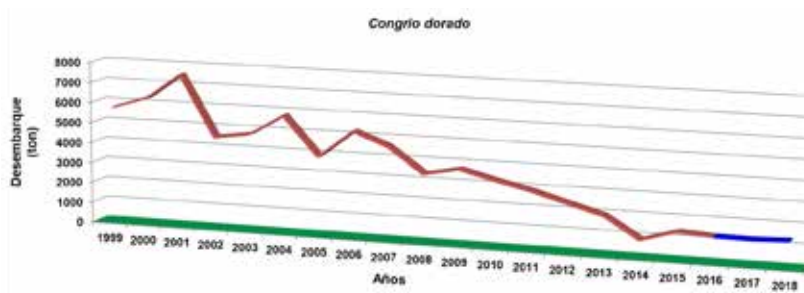
El estudio de la pesquería artesanal se realiza considerando las diferencias que presenta la flota extractiva que actúa sobre las aguas exteriores y la que opera en aguas interiores, ya que poseen características operacionales y un poder de pesca muy diferenciados. Este factor también se considera para la distribución de la cuota de extracción de la X Región de acuerdo al tamaño de la embarcación, tomando como referencia un tamaño de eslora menor o mayor a 12 m (Informe Técnico 268-2018⁶³).

Para el año 2019, se definió la cuota global anual de captura en 1085,6 toneladas para la unidad norte con un estimado de 17,6 toneladas deducibles para la cuota de investigación. El remanente de la cuota se fracciona en un 50% para la flota artesanal (481 toneladas de cuota objetivo y 57 toneladas de fauna acompañante) y 50% para la industrial. Para la unidad sur se fijó una cuota global de 283,2 toneladas, de las cuales 5,2 toneladas se destinarían a investigación restando 139 toneladas para el sector industrial y 139 toneladas para el sector artesanal, el que a su vez se fracciona en 125 t como cuota objetivo y 14 t para fauna acompañante (Informe Técnico 20-2018⁶⁴).

Los valores de desembarque observados en la Figura 6.14 se encuentran entre un valor máximo de 7.522 toneladas en el año 2001 y un mínimo de 855 toneladas de captura registradas el año 2014.

- 59 Paredes, F. & R. Bravo. 2005. Reproductive cycle, size at first maturation, and fecundity in the golden ling, *Genypterus blacodes* in the SE Pacific. *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research*, 39: 1085-1086.
- 60 Young Z, Aranda E, Salas R, Lea-Plaza C, Badilla M.J, Ortiz J, Vidal L, Toro R. 1984. Perfiles Indicativos del Sector Pesquero Nacional: Recursos, Tecnología, Producción y Mercado, Congrios. Corfo-lfop (AP 85/13), Chile. 121 p.
- 61 Aguayo, M., Payá, I., Céspedes, R., Miranda, H., Catasti, V., Lillo, S., Gálvez, P., Adasme, L., Balbontín, F. & Bravo, R. (2001). Dinámica reproductiva de merluza del sur y congrio dorado. Proyecto FIP 99-15: 114.
- 62 Ward R., Appleyard S., Daley R., Reilly A. 2001. Population structure of pink ling (*Genypterus blacodes*) from southeastern Australian water, inferred from allozyme and microsatellite analyses. *Mar Fresh Res* 52:965-973.
- 63 Informe Técnico RPESQ N°268-2018. Distribución por flota de la cuota de captura artesanal de congrio dorado en la región de Los Lagos. Subpesca
- 64 Informe Técnico DAS N°20-2018. Antecedentes para la Elaboración de las Bases Administrativas para la Subasta de Licencias Transables de Pesca, Clase B en la Pesquería de Congrio dorado paralelo 41°28,6' L.S. al 47° L.S. y Congrio dorado paralelo 47° L.S. al 57° L.S. Departamento de Análisis Sectorial, División de Desarrollo Pesquero, Subpesca.

Figura 6.14. Desembarque total de congrio dorado en toneladas, entre los años 1999 y 2018.



FUENTE: Anuarios Estadísticos, Sernapesca

Esta tendencia decreciente puede relacionarse en parte con las disminuciones de las cuotas anuales asignadas a la fracción industrial de la flota.

Posteriormente, la introducción en el año 2002 del límite máximo de captura por armador y el sistema de administración de licencias transables de pesca y debido a factores comerciales, promovieron la focalización de la flota industrial, especialmente la palangrera, hacia la extracción de merluza del sur o merluza de cola, limitando la extracción del recurso congrio dorado a fauna acompañante. (Céspedes et al., 2018⁶⁵).

Entre los problemas que conlleva el análisis de esta pesquería se ha mencionado que los estimados de desembarque de congrio dorado en su fracción artesanal presentarían importantes cifras de subestimación al no considerar las capturas ilegales de pesca que ocurren en aguas exteriores e interiores, ni las actividades de descarte o subreporte asociados a la extracción de ejemplares que no cumplen con los requerimientos del mercado. Una de las estrategias que permitirán subsanar esto es la actual de ejecución de un proyecto orientado a la obtención de datos de abundancia del congrio dorado, lo que permitirá complementar la información recabada por el programa de seguimiento de la pesquería demersal (Chong et al., 2018⁶⁶).

A partir del análisis de la información biológico pesquera de la pesquería demersal sur austral artesanal y tomando en consideración la presencia de juveniles y los valores de talla media obtenidos en aguas interiores norte, se ratifica la complejidad de la pesquería de este recurso. Si se toma en cuenta que es una población caracterizada por su baja resiliencia frente a la explotación, una baja tasa de crecimiento, que posee una longevidad media y por tener un estilo de vida sedentario, se puede situar al recurso en una peligrosa situación de sustentabilidad.

Esto influye en la actual situación desmejorada del stock, que presenta niveles de biomasa virginal estimados en un 36% para el stock de la zona norte y en un 24% para el de la zona sur y lo ubican en la categoría de sobreexplotación y sobreexplotado, respectivamente.

En cuanto al trabajo a realizar en los próximos años, se realizó un estudio para probar la aplicabilidad de un diseño de evaluación directa que permita la estimación de índices de abundancia relativos de forma independiente a la pesquería. A partir de éste, se obtuvo un resultado positivo en el diseño metodológico empleado y se demostró lo importante que resulta la generación de instancias de cooperatividad entre diferentes actores que participan de la extracción de recursos como el congrio dorado (Céspedes et al., 2018⁶⁷).

Debido a la incertidumbre asociada a los estimados de desembarque de esta pesquería, se ha recomendado rediseñar el monitoreo de congrio dorado reforzando la cobertura de viajes temporal y espacialmente con observadores a bordo de la flota arrastrera y palangrera.

Además, se señala que se debería realizar estudios que permitan conocer mejor el ciclo de vida, los patrones espacio temporales y el estudio histológico de la ocurrencia, temporalidad y la posible presencia de focos de desove en aguas interiores. Considerando la condición actual del recurso para ambas unidades de pesquería, se ha aconsejado orientar su recuperación mediante un programa que incluya tanto a actores de la pesquería como a científicos (Céspedes et al. op cit).

65 Céspedes R., V. Ojeda, L. Adasme, R. San Juan, L. Muñoz, A. Villalón, K. Hunt, M. Miranda & L. Cid. 2018. Seguimiento de las Pesquerías Demersales y Aguas Profundas 2017. Sección IV: Pesquería Demersal Sur Austral Industrial, 2017. Informe Técnico Final Ifop 179 pp + anexos

66 Chong L., L. Adasme, V. Ojeda, L. Muñoz, E. Garcés, A. Villalón, K. Hunt & L. Cid. 2018. Seguimiento de las Pesquerías Demersales y Aguas Profundas Sección III: Pesquería Demersal Sur Austral Artesanal, 2017. Informe Técnico Final Ifop 147 pp + anexos

67 Céspedes R., C. Vargas, J. Pérez & Alex Carrión. 2018. Bases metodológicas para un programa de indicadores de abundancia en congrio dorado en caladeros de aguas exteriores de la zona austral, Reporte técnico Seguimiento de las Pesquerías Demersales y Aguas Profundas IFOP

“MERLUZA DEL SUR”**Taxonomía:**

Orden: Gadiformes

Familia: Merlucciidae

Especie: *Merluccius australis* (Hutton 1872)

**Distribución Geográfica:**

La merluza del sur es un pez demersal que se distribuye latitudinalmente en Chile entre los 35° S y los 57° S (Rubilar et al. 2002⁶⁸), principalmente desde el área de isla Guafo (al sur de Chiloé) hasta el Estrecho de Magallanes, con su centro de reproducción localizado en los 45°24'S. Batimétricamente se distribuye de preferencia entre los 60 y los 500 m de profundidad. En Chile tiene presencia en aguas exteriores e interiores (zona de canales), distribuyéndose también en la costa atlántica.

Características biológicas y ecológicas:

M. australis es principalmente ictiófaga, depreda sobre otras especies de merluza (*Macruronus magellanicus*, *Micromesistius australis*), peces nototénidos y crustáceos eufáusidos (Ojeda 1983⁶⁹). Su principal época de reproducción es entre invierno e inicios de primavera (julio-septiembre), con leves diferencias interanuales en la fecha de máxima actividad reproductiva (Balbontín y Bravo 1993⁷⁰). Su potencial de fecundidad es relativamente alto, determinándose en 2012 una fecundidad media poblacional de más de dos millones de ovocitos (Balbontín y Bravo 2012⁷¹).

Situación pesquera del recurso:

Las unidades de pesquería de merluza del sur se encuentran con suspensión de otorgamiento de nuevas autorizaciones de pesca. Está sujeta a medidas de conservación que regulan la flota operativa, como el establecimiento de una cuota global anual de captura a través de Licencias Transables de Pesca para la flota industrial, que debe operar sólo con palangre o con red de arrastre con un tamaño de luz de malla mínimo en el copo de 130 mm. La flota artesanal tiene establecida una cuota que se distribuye por regiones a través del Régimen Artesanal de Extracción y sólo se permite el uso de espinel. También se han establecido una talla mínima legal de 60 cm de longitud total y una veda biológica durante el mes de agosto de cada año para toda el área de la unidad de pesquería, incluyendo aguas interiores (Subpesca, 2019 op. cit.).

Los resultados de la evaluación de la pesquería de merluza del sur para el año 2018, muestran una tendencia decreciente en la biomasa desovante, con un stock que se ha mantenido reducido. Las trayectorias de mortalidad por pesca y biomasa desovante son indicativas de un estado de sobreexplotación presente por varios años. Estos resultados concuerdan con los indicadores biológicos y pesqueros provenientes de los programas de monitoreo que se han realizado sobre el recurso. De hecho, el estado de explotación del recurso para el año 2017 presentó una disminución en la biomasa desovante de un 30% y el estimado de reducción al año 2018 es de 32% (Subpesca, 2019 op. cit.; Pérez & Quiroz, 2018⁷²).

En la Figura 6.15 se observa que entre los años 1999 y 2007 los desembarques fluctuaron entre 25.000 y 30.000 toneladas. Este valor va disminuyendo en forma gradual en los años siguientes, hasta alcanzar un valor mínimo para esta pesquería de 12.393 toneladas en el año 2014. Se relaciona a esta reducción en los niveles de captura a una baja en la demanda, a la inexistencia del poder de compra desde los intermediarios y a los bajos precios de compra.

Esta situación motiva el traspaso de la cuota desde el sector artesanal al industrial, generándose una importante disminución de la extracción en las regiones XI y XII lo que conlleva a que el mayor aporte del recurso provenga de capturas industriales de la zona norte exterior durante los últimos años. El rendimiento de pesca es indicativo de la necesidad de realizar un mayor esfuerzo para obtener una misma captura, esto se evidencia tanto en la flota hielera como en la palangrera, poniendo en evidencia la delicada situación del recurso, lo que ha provocado una redistribución del esfuerzo hacia otros recursos (Céspedes et al., 2018 op. cit.).

- 68 Rubilar PS, I Payá, A Zuleta, C Moreno, F Balbontín, H Reyes, R Céspedes, H Pool, L Adasme & A Cuevas. 2002. Dinámica del reclutamiento de merluza del sur. Informe Final FIP-IT/2000-13: 1-142.
- 69 Ojeda, P. 1983. Distribución latitudinal y batimétrica de la ictiofauna demersal del extremo austral de Chile. *Revista Chilena de Historia Natural*, 56:61-70.
- 70 Balbontín F. y R. Bravo. 1993. Fecundidad, talla de primera madurez sexual, y datos biométricos en la merluza del sur (*Merluccius australis*). *Rev. Biol. Mar., Valparaíso*, 28 (1), 111-132.
- 71 Balbontín F. y R. Bravo. 2012. Aspectos reproductivos de merluza del sur y merluza de cola, Subproyecto de Proyecto FIP 2012-07 Evaluación de stock desovante de merluza del sur y merluza de cola en la zona sur austral. Informe Final.
- 72 Pérez M. & J. Quiroz. 2018. Convenio de Desempeño 2017 Estatus y posibilidades de explotación biológicamente sustentables de los principales recursos pesqueros nacionales al año 2018: Merluza del sur, 2018 Informe IFOP 138 pp + Anexos

En cuanto al análisis de las cifras oficiales de desembarques de merluza del sur se debe considerar que existe una subestimación proveniente del sector artesanal, causada por la extracción ilegal y la no comercialización de algunos de los ejemplares debido a su tamaño. Se reconoce históricamente la actividad ilegal, asociada en especial a la Región de Los Lagos, y el incumplimiento de la veda reproductiva.

Figura 6.15. Desembarques totales anuales del recurso merluza del sur en toneladas, entre los años 1999 y 2018



FUENTE: Anuarios Estadísticos, Sernapesca

Esto genera incertidumbre debido a que es una extracción no estimada dentro de los procesos de evaluación del recurso y afecta la funcionalidad de las medidas pesqueras decretadas para asegurar la sustentabilidad del recurso.

Además, se menciona dentro de la problemática que presenta la evaluación del stock de esta especie la persistencia de inconsistencias los datos y vacíos en cuanto a procesos biológicos. Sin embargo, se rescata la fortaleza que representan los puntos biológicos de referencia con los que se realiza la estimación del rendimiento máximo sostenible. Para superar estas fuentes de incertidumbre, se ha evaluado la aplicación de la herramienta denominada Evaluación de Estrategias de manejo.

Respecto al resguardo del proceso reproductivo de esta especie se recomienda estudiar posibles focos de desove en aguas interiores para evitar que se realicen actividades de extracción puntualmente en esas zonas. Se debe considerar también la presencia de ejemplares juveniles que aún no habrían contribuido al potencial reproductivo y que han sido observados en faenas de pesca artesanal realizada en sectores que se superponen a las zonas de reclutamiento, factor que fragiliza la sustentabilidad de la población (Pérez & Quiroz, 2018 op. cit.).

También se recomienda rediseñar el monitoreo de la pesquería demersal austral de acuerdo a los cambios realizados a la legislación vigente, con la finalidad de prevenir un debilitamiento en los indicadores pesqueros y biológicos, fortalecer las atribuciones de los observadores científicos. Además, tener un programa de marcaje-recaptura y generar indicadores independientes de la pesquería que caractericen la composición del stock de aguas interiores y en aguas exteriores son algunas de las estrategias mencionadas para favorecer la gestión de la pesquería (Céspedes et al., 2018, op. cit.).

“MERLUZA DE COLA”



Taxonomía:

Orden: Gadiformes

Familia: Merlucciidae

Especie: *Macruronus magellanicus* (Lönnberg, 1907)

Distribución Geográfica:

Macruronus magellanicus se distribuye en el cono sur de Sudamérica, desde la latitud 37°S en el Océano Atlántico, hasta los 27°03'S en el Océano Pacífico, en profundidades de 20 a 800 m en la costa argentina (Chesheva 1992⁷³), y desde los 20 a 700 m en la costa chilena (Arana 1970⁷⁴)

73 Chesheva Z. 1992. Data on the biology of the Magellan hake, *Macruronus magellanicus*, from the Southwestern Atlantic. *Journal of Ichthyology* 32(7): 137-141.

74 Arana P. 1970. Nota sobre la presencia de ejemplares de merluza de cola (*Macruronus magellanicus* Lönnberg) frente a la costa de Valparaíso. *Investigaciones Marinas* 1 (3): 50-60.

Características biológicas y ecológicas:

La merluza de cola es un pez de hábitos demersales cuando adulto y pelágico en su etapa juvenil. La biología reproductiva de la merluza de cola se caracteriza por un corto período de maduración y desove que tendría lugar desde el invierno austral hasta el inicio de la primavera (Chong 2000⁷⁵).

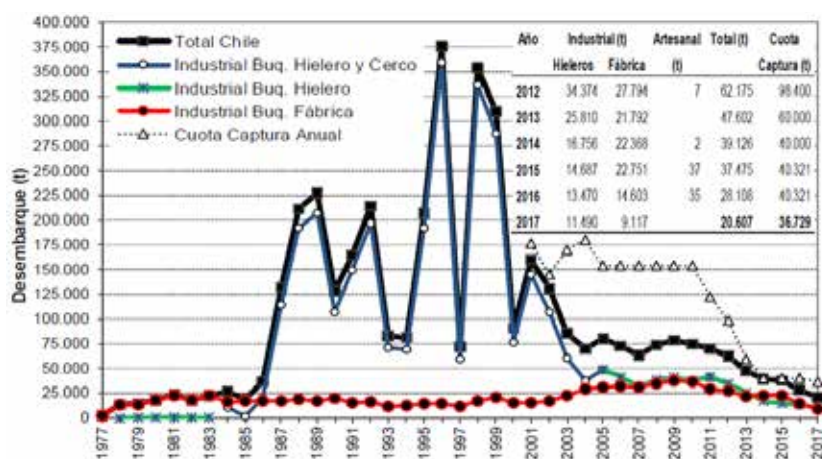
Estudios realizados por IFOP (Lillo et al., 2012⁷⁶) y la Universidad de Valparaíso (Balbontín & Bravo in Lillo et al, Op cit.), revelan que la talla de primera madurez al 50% se encuentra en 48,8 LT.

Situación pesquera del recurso:

El ordenamiento de esta pesquería registra una división en dos unidades, Centro-Sur desde la V a la X Región (D.S. N°683/2000) y Sur-Austral entre las regiones XI y XII (D.S. N°686/2000). Ambas unidades de pesquería se encuentran en estado de recurso agotado, con acceso cerrado para el sector industrial y artesanal. Presenta regulaciones en los artes y aparejos de pesca establecidos por zona geográfica: al sur del paralelo 43° L.S., la red de arrastre debe tener un tamaño mínimo de malla de 130 mm y no se permite el uso del cubre copos (D. S. N°144/1980 MINECON). Al norte del paralelo 43° L.S., rige un tamaño mínimo de malla para la red de arrastre de 120 mm o de 100 mm de abertura de mallas. Se excluye de esta norma a la Zona Económica Exclusiva de las islas oceánicas (R. Ex. N°2808/2005).

Además, tiene vigente una veda reproductiva durante el mes de agosto (D. Ex. N°795/2013) (Informe Técnico N°246/2015⁷⁷). La extracción de merluza de cola comienza a mediados de los años setenta, con valores cercanos a las 20 mil toneladas anuales (Figura 6.16).

Figura 6.16. Desembarques (t) de merluza de cola a nivel país. Años 1977 - 2017.



FUENTE: Céspedes et al., 2018<?>.

En la segunda mitad de los años noventa, debido a la apertura de nuevos mercados externos, las capturas llegan a registrar máximos de más de 300 mil toneladas (Payá, 2014⁷⁸).

La composición de la estructura de edad del stock de los últimos 10 años ha estado compuesta mayoritariamente por individuos

- 75 Chong J. 2000. Ciclo de maduración ovárica, fecundidad y talla de madurez en *Macruronus Magellanicus* (Lönnberg, 1907) de la zona sur de Chile. *Biología Pesquera* 28: 3-13.
- 76 Lillo, S., E. Molina, V. Ojeda, R. Céspedes, K. Hunt, H. Hidalgo, L. Muñoz, F. Balbontín, R. Bravo, R. Meléndez & Á. Saavedra. 2012. Evaluación del stock desovante de merluza del sur y merluza de cola en aguas exteriores de la X y XI regiones, año 2011. Proyecto FIP 2011-04. Informe final.
- 77 Informe Técnico N° 246-2015. Subsecretaría de Pesca (Subpesca). 2015. Cuota global anual de captura de merluza de cola (*Macruronus magellanicus*) para sus unidades de pesquería, regiones V-X y XI-XII, año 2016. Subsecretaría de Pesca y Acuicultura, Valparaíso, 17 p.
- 78 Payá, I. 2014. Segundo Informe Final. Convenio II: "Estatus y posibilidades de explotación biológicamente sustentables de los principales recursos pesqueros nacionales al año 2014". Proyecto 2.2: Investigación del estatus y posibilidades de explotación biológicamente sustentables en merluza de cola, 2014. Instituto de Fomento Pesquero, Subsecretaría de Economía/Septiembre 2013. 129 pp + Anexos.

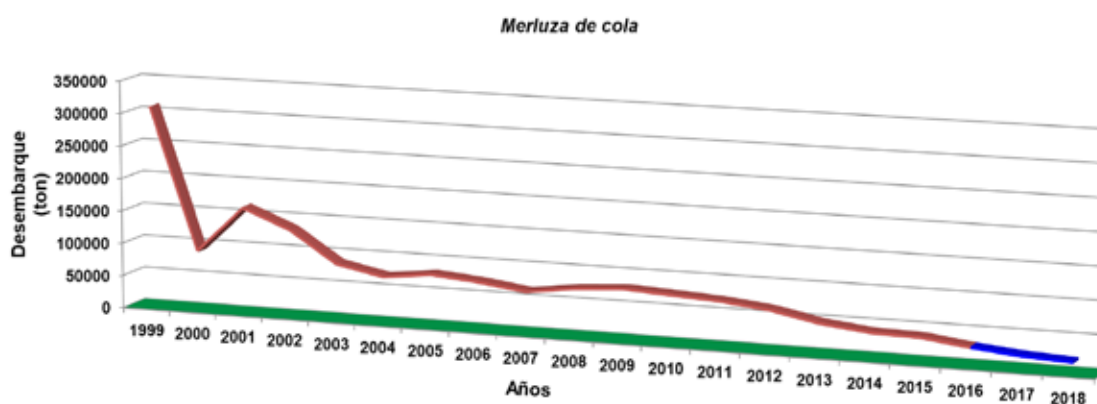
juveniles, con escasa presencia de ejemplares mayores a 6 años de edad. Esto ha sido observado tanto en cruceros hidroacústicos como a partir de registros de capturas comerciales. Tanto la captura por unidad de esfuerzo como los estimados de biomasa son indicativos de una fuerte disminución del stock. En la trayectoria del stock se observa que durante los años 1985 y 1986 este recurso se encontraba subexplotado. A partir de 1987, debido a las altas tasas de explotación, ingresa a la zona de sobrepesca (región superior del gráfico).

En cuanto a biomasa desovante, desde el 2003 se ha mantenido sobreexplotado y desde el 2005 el stock se encuentra agotado, con niveles de biomasa que indican que se está comprometiendo la renovación del stock. Dado a que no se está completando la captura de las cuotas establecidas se ha señalado que este recurso se encontraría en una peor condición en el año 2018 respecto al año 2017, aun dadas las bajas tasas de explotación de los últimos años. Complementariamente, la impresión de los armadores es que este recurso presenta una mayor dificultad de ser capturado en abundancia y plantean al respecto que los patrones de migración de la especie podrían estar afectando la abundancia.

Se realizó, además, una evaluación al stock dentro del marco del convenio de cooperación IFOP – INIDEP (Instituto Nacional de Investigación y Desarrollo Pesquero, Argentina), que involucra un ejercicio de evaluación conjunta de merluza de cola en el cono sur de América. Mediante la aplicación del modelo de evaluación utilizado en Chile para datos de ambos países se observa un estado de agotamiento del stock del recurso (Payá, 2018⁷⁹). También se ha observado un descenso gradual en los valores de desembarque en el cono Austral, explicados en el caso del Pacífico por la disminución de la cuota de captura anual (Céspedes et al, 2018 op. cit.). Considerando antecedentes del crucero de evaluación directa, antecedentes biológico-pesqueros, la actualización del estatus del recurso y un análisis de proyección de stock entregados por IFOP, el comité científico recomendó una Cuota de Captura Biológicamente Aceptable para aplicar al stock nacional de Merluza de cola el año 2019 entre un rango de 32.131 y 40.161 toneladas (CCT- RDAP, 2018⁸⁰).

Los desembarques de merluza de cola de la Figura 6.17 muestran un valor cercano a las 310.000 toneladas para el año 1999. Este valor da cuenta de los altos registros obtenidos en la segunda mitad de los años noventa.

Figura 6.17. Desembarque total de merluza de cola, entre los años 1999 y 2018.



FUENTE: Anuarios Estadísticos, Sernapesca

A partir del año 2001 en adelante, la disminución en los valores de captura se presenta en forma leve pero sostenida, hasta llegar al valor más bajo observado en el año 2018, de 17.055 toneladas (valor preliminar). Esta baja en los valores de desembarque iniciada en el año 2000, es coincidente con la fase de sobrepesca y la consecuente disminución en la biomasa anteriormente descrita, lo que da cuenta del efecto de deterioro causado al stock en ambas unidades de pesquería. Además, se ha relacionado a esta disminución la reducción de la cuota de captura anual del recurso, lo que ha promovido el dinamismo de la flota, que ha orientado la captura hacia otras especies.

El año 2017 se realizó un estudio de descarte para toda la flota demersal con operatividad sobre merluza de cola, encontrándose que las principales causas de descarte se relacionan con la calidad de los ejemplares, secundariamente a razones comerciales y un bajo porcentaje en relación a factores operacionales, como la capacidad de proceso o transporte. Se concluye que hubo una disminución

79 I. Payá. 2018. Informe 3 Consolidado. Convenio de Desempeño 2017 "Estatus y posibilidades de explotación biológicamente sustentables de los principales recursos pesqueros nacionales al año 2018". Merluza de cola, 2018. Instituto de Fomento Pesquero, Subsecretaría de Economía y EMT/Marzo 2018. 123 pp + Anexos.

80 Comité Científico Técnico de Recursos Demersales de Aguas Profundas. 2018. Informe Técnico N°2-2018. Rango de Captura Biológicamente Aceptable para el recurso Merluza de cola (*Macruronus magellanicus*), año 2019. Subpesca, Noviembre 2018.

global de los porcentajes de descarte respecto a los años 2016 y 2017 y que en general los niveles de descarte para este recurso son bajos (CCT- RDAP, 2018 op. cit.).

La evaluación llevada a cabo por IFOP que recoge información biológica pesquera de la temporada 2017 muestra una importante caída del indicador basado en el rendimiento de pesca de los años 2016 y 2017, señal que confirma la delicada condición del recurso. En este estudio se menciona que se debe continuar con el monitoreo de merluza de cola presente en aguas interiores, debido a que en esta zona se podrían encontrar posibles focos secundarios de desove. También se recomienda gestionar la continuidad de estudios que permitan obtener registros de indicadores de abundancia de reclutamiento independientes de la información comercial. Se señala la importancia de incorporar estudios trofodinámicos a los programas de monitoreo actuales, en razón de la estrecha interacción depredador presa existente entre merluza del sur y merluza de cola.

También se destaca la necesidad de reforzar la cobertura espacial y temporal del monitoreo de la pesquería mediante el aumento de los observadores científicos, lo que favorecería la disponibilidad de factores de variabilidad incidentes en los rendimientos de pesca. (Céspedes et al., 2018 op. cit.).

“MERLUZA COMÚN”



Taxonomía:

Orden: Gadiformes

Familia: Merlucciidae

Especie: *Merluccius gayi gayi* (Guichenot 1848)

Distribución Geográfica:

La merluza común o “pescada” (*Merluccius gayi gayi*) es un pez demersal, que se distribuye latitudinalmente en Chile desde 23°39'S (II Región) hasta 47°00'S (XI Región) (Aguayo 1995⁸¹). Correspondería a una subespecie, congénica con *M. gayi peruanus* que se distribuye en las costas de Perú. Su distribución batimétrica ocurre entre los 50 y 400 m de profundidad.

Características biológicas y ecológicas:

El espectro trófico de la merluza común es bastante amplio, y está formado por zooplancton (eufáusidos), necton (sardina y anchoveta), crustáceos decápodos, y también por canibalismo (Cubillos et al. 2007⁸²). Balbontín y Fisher (1981⁸³) estudiaron el ciclo reproductivo de merluza común, con ejemplares de Coquimbo, San Antonio y San Vicente, logrando determinar un extenso período de desove, con ciertas variaciones debido a la latitud. Comprobaron que la actividad reproductiva se concentra principalmente entre julio y noviembre, con un período secundario entre diciembre y febrero.

Situación pesquera del recurso:

La pesquería de merluza común se inicia en 1938 en la zona centro sur de Chile, con desembarques orientados principalmente a consumo interno. Estos valores fueron aumentando, hasta alcanzar un valor máximo de 128.000 toneladas en el año 1968 (Cerna et al. 2013⁸⁴).

A partir del año 2004 se comienza a observar una declinación en la abundancia del stock, particularmente de la fracción adulta. Esta baja fue coincidente con el aumento en las poblaciones de jibia (*Dosidicus gigas*) en la costa chilena, cuya acción depredadora genera estragos en la actividad pesquera, afectando directamente a las poblaciones de merluza común.

-
- 81 Aguayo, M. 1995. Biology and fisheries of Chilean hakes (*M. gayi* and *M. australis*). In: J. Alheit & T.J. Pitcher (eds.). Biology, fisheries and markets. Chapman & Hall, London, pp. 305-338.
- 82 Cubillos L., C. Alarcón, H. Arancibia. 2007. Selectividad por tamaño de las presas en merluza común (*Merluccius gayi gayi*), zona centro-sur de Chile (1992-1997). Invest. Mar., Valparaíso, 35 (1): 55-69.
- 83 Balbontín F. y W. Fischer. 1981. Ciclo sexual y fecundidad de la merluza, *Merluccius gayi gayi*, en la costa de Chile. Rev. Biol. Mar. 17:285-334.
- 84 Cerna F., L. Cubillos., G. Plaza. 2013. Análisis histórico del crecimiento somático de merluza común (*Merluccius gayi gayi*) frente a la costa central de Chile. Lat. Am. J. Aquat. Res., 41(3): 558-569.
-

La pesquería comenzó a ser regulada en el año 1982, a través del establecimiento de cuotas globales de captura (Subpesca, 2015⁸⁵).

La unidad de pesquería de merluza común se desarrolla entre el límite norte de la IV Región y el paralelo 41°28.6' L.S. Se define cada año una Cuota Global de Captura fragmentada por sector artesanal e industrial y se decretó una veda biológica en su unidad de pesquería entre el 1° de septiembre y el 30 de septiembre de cada año (D. Ex. N° 464/2016) (Subpesca, 2019 op. cit.).

Para establecer el estado de la pesquería, el Comité Científico a cargo consideró los puntos biológicos de referencia recomendados por IFOP consistentes en un 40% de la biomasa desovante virginal que permitiría alcanzar el rendimiento máximo sostenible (BD_{RMS}), estimando que si este valor es menor al 20% ($BD_{límite}$) el recurso se encontraría colapsado o en agotamiento.

A partir de estos parámetros se considera que la pesquería de merluza común al año 2018 se encuentra sobreexplotada, con un nivel de reducción de biomasa desovante del 25% (Informe Técnico N° 255/2018⁸⁶).

Se estableció una Cuota Global de Captura de 30.279 toneladas de merluza de cola para el año 2019 en el área de su unidad de pesquería. De este total se descuentan cuotas para investigaciones y para imprevisto y el remanente se fracciona en 17.856 toneladas para el sector industrial y en 11.904 toneladas para el sector artesanal, que a su vez se distribuyen de forma temporal. Para el área fuera de la unidad de pesquería se designan 40 toneladas, considerándose 20 como objetivo y 20 como fauna acompañante (Informe Técnico N° 255/2018 op. cit.).

En la Figura 6.18 se observa que la disminución sostenida que ha presentado el desembarque de merluza común, presentando una gran caída en los valores de captura a partir del año 2004, la que alcanza un valor mínimo de 18.573 toneladas durante el año 2014. Esto marca una gran diferencia entre valores que superan las 100.000 toneladas cerca del año 2000 y valores que en la actualidad no superan las 20.000 toneladas.

Parte de la brusca disminución se ha relacionado con la alta abundancia de jibia durante los años 2002 y 2005, especie que depreda sobre la merluza común. En el año 2003, proyectos de monitoreo y cruceros de evaluación, comienzan a registrar una disminución en la edad media de madurez sexual de la merluza, desde entonces el stock presenta una abundancia reducida y una estructura demográfica con un estrecho rango de edades (IFOP, 2014⁸⁷).

Figura 6.18. Desembarque total de merluza común en toneladas, entre 1999 y 2018.



FUENTE: Anuarios Estadísticos, Sernapesca

La pesquería de merluza común ha pasado desde un estado caracterizado en el año 1999 como auspicioso respecto a la presencia de antecedentes de un plan de manejo transparente hacia un estado de sobreexplotación con riesgo de agotamiento presentado en el año 2012. Actualmente esta pesquería se encuentra nuevamente en estado de sobreexplotación y se señala como una problemática persistente asociada a la evaluación de la pesquería, a los niveles históricos de descarte, subreporte y no reporte de los desembarques. Estos factores son determinantes de un alto nivel de incertidumbre que dificulta calificar certeramente el estatus del recurso. Se señala

85 Subsecretaría de Pesca y Acuicultura 2015. Plan de manejo de la pesquería de merluza común, Subpesca. Recuperado de: http://www.subpesca.gov.cl/institucional/602/articulos-93150_documento.pdf

86 Subsecretaría de Pesca (Subpesca). 2018. Cuota global anual de captura de merluza común (*Merluccius gayi gayi*) dentro y fuera de su unidad de pesquería, año 2019. Inf. Tec. (R.Pesq.) N° 255/2018, Subsecretaría de Pesca, Valparaíso, 5 p.

87 IFOP 2014. 2° Informe final Proyecto 2.9: Investigación del estatus y posibilidades de explotación biológicamente sustentables en Merluza común, año 2014.

que la ilegalidad existente afecta las recomendaciones y medidas impuestas para la gestión de la sustentabilidad de la pesquería, ante la inexistencia de un control efectivo de las remociones, por lo que se destaca la urgencia de fortalecer las atribuciones del Servicio Nacional de Pesca a través de la aprobación por parte del Parlamento de medidas afines (Informe Técnico N° 255/2018, op. cit.).

En Tascheri et al. (2018⁸⁸) se resumen estadísticas asociadas al descarte en la pesquería de arrastre, mencionándose que puede variar entre un 20% y un 40% de la captura. Luego de la promulgación de la Ley del Descarte, se crearon programas de investigación orientados a obtener información biológica pesquera mediante el trabajo de observadores científicos. La información producida por este tipo de programas requiere de un período relativamente largo de implementación, con protocolos de operación ajustados a medida que se adquiere experiencia.

Los indicadores pesqueros y biológicos de la flota que operó sobre los recursos demersales de la zona centro sur durante el año 2017, señalan que el desembarque de la flota artesanal, presenta diferencias persistentes entre los registros oficiales desde el año 2012.

Estas diferencias están caracterizadas por un sobre reporte en las caletas de Valparaíso y un subreporte en caletas del Maule. El desempeño global de esta flota ha presentado una tendencia a la estabilidad de tallas y rendimiento de pesca. Se señala que de mantenerse un marco de explotación responsable y sustentable la pesquería podría mejorar, lo que se ha de confirmar al conocerse los niveles de pesca no declarada. En tanto que, para la flota industrial, los indicadores pesqueros y biológicos dan cuenta de un stock débil e inestable, con características en la estructura de tallas de riesgo para la sustentabilidad de la pesquería. Se recomienda la supervisión y fiscalización de las actividades comerciales con el fin de desincentivar prácticas que no se condicen con la pesca responsable. Al igual que para la fracción artesanal, se ha señalado que de mantenerse condiciones favorables y medidas que eviten la continuidad de descarte y subreporte se verá facilitada la recuperación del recurso en un plazo más corto (Gálvez et al., 2018⁸⁹).

“RAYA VOLANTÍN”

Taxonomía:

Orden: Rajiformes

Familia: Rajidae

Especie: *Zearaja chilensis* (Guichenot, 1848)



Distribución Geográfica:

La raya volantín es una especie demersal que se distribuye tanto el Océano Atlántico sur como en el Pacífico Centro Sur, encontrándose en este último entre las regiones IV y XII y en profundidades que van desde los 30 a los 300 m. (Menni et al. 2009⁹⁰)

Características biológicas y ecológicas:

Los ejemplares de esta raya son de gran tamaño, superando en ocasiones los 200 cm LT (Gili et al. 1999⁹¹). Es una especie ictiófaga, depreda principalmente sobre peces demersales y en segundo término, sobre crustáceos bénticos (Belleggia et al. 2016⁹²).

- 88 Tascheri R., P. Gálvez & J. Sateler. 2018. Informe 3 consolidado. Convenio de Desempeño 2017 Estatus y posibilidades de explotación biológicamente sustentables de los principales recursos pesqueros nacionales, año 2018: Merluza común, 2018 Subsecretaría de Economía y EMT / Marzo 2018 123 pp + Anexos
- 89 Gálvez P., J. Sateler, J. Olivares, K. Belmar, E. Garcés, G. Moyano, R. San Juan & J. González. 2018. Informe Técnico Final Convenio de Desempeño 2017 Seguimiento de las Pesquerías Demersales y Aguas Profundas 2017 Sección II: Pesquería Demersal Centro Sur, 2017 Subsecretaría de Economía y EMT / Agosto-2018. 211 pp + Anexos
- 90 Menni R, A Jaureguizar, M Stehmann, L Lucifora. 2009. Marine biodiversity at the community level: zoogeography of sharks, skates, rays and chimaeras in the southwestern Atlantic. Biodiversity Conservation. DOI 10.1007/s10531-009-9734-z.
- 91 Gili R, M Donoso, V Ojeda, A Lopez & H Miranda. 1999. Parámetros poblacionales de raya volantín de VIII a X Regiones y métodos de asignación de edades. Instituto de Fomento Pesquero Informe técnico 97-20. Valparaíso: IFOP.
- 92 Belleggia M., N. Andrada, S. Paglieri, F. Cortés, A. Massa, D. Figueroa and C. Bremec. 2016. Trophic ecology of yellow nose skate *Zearaja chilensis*, a top predator in the south-western Atlantic Ocean. Journal of Fish Biology, 88, 1070–1087.

Esta especie de raya presenta una baja productividad somática, baja fecundidad y tardía madurez sexual, constituyéndose en un recurso de gran sensibilidad a presiones de pesca moderadas (Lamilla 2012⁹³).

Situación pesquera del recurso:

El recurso raya volantín se extrae a lo largo de toda la costa chilena con una actividad que se focaliza principalmente entre Talcahuano y Cabo de Hornos. Inicialmente extraída como fauna acompañante de otros recursos demersales, pasa a ser especie objetivo en el año 1994 con desembarques que crecieron exponencialmente hasta alcanzar un máximo histórico de 5.193 toneladas en el año 2003. El aumento en las capturas (aporte de la zona austral), se debe principalmente a la alta demanda del mercado asiático. (Inf. Técnico N°04/2015⁹⁴).

Es una pesquería de acceso cerrado, tiene en vigencia una veda biológica desde el 1 de Diciembre al 31 de Marzo del siguiente año calendario entre las regiones XV y XII, incluyendo aguas interiores (D. Ex. N°14/2016). Los puntos biológicos de referencia para evaluar el stock, se obtuvieron con el uso de valores sustitutos, debido a que la falta de información hizo calificar a este recurso dentro de la categoría 1b. Esta categoría es determinada por el Comité Científico a cargo y se establece cuando no se dispone de una estimación estadísticamente satisfactoria de la relación stock-recluta, por lo que se deben considerar otros factores entre los que se destaca como principales la incertidumbre en el modelo de evaluación y el grado de resiliencia de la especie (Subpesca, 2019 op. cit.)

Las evaluaciones de stock se han realizado aplicando un enfoque de análisis por zonas, con divisiones administrativas determinadas por una unidad de pesquería, una entre la VIII Región y el 41°28'LS. (UP) y otra al sur de ésta, desde el paralelo 41°28' LS. hasta la XII Región (SUP). El año 2018, se realiza un análisis que incorpora a ambas zonas (UP+SUP) y se aplica un modelo regionalizado para la zona ubicada al sur de la unidad de pesquería SUP utilizando una metodología de datos pobre. De acuerdo a lo anterior, se encontró una reducción del potencial reproductivo que indicó un agotamiento de la biomasa desovante de un 24% para la UP, de 27% para la SUP y un 28% para el modelo global (UP+SUP). El modelo regionalizado reporta una situación similar a la presentada para la unidad sur, encontrándose las tres sub-zonas en sobreexplotación. El área asociada a la X Región, que es donde se concentra la mayor parte de la flota, entrega la mayor cantidad de datos de monitoreo y en donde es más importante la pesquería, sería la más afectada en términos de la reducción de la biomasa. Estos resultados difieren de lo obtenido en evaluaciones previas debido al mejoramiento y a la validación de datos históricos, principalmente de los asociados al arte y rendimiento de pesca (Pérez, 2018⁹⁵).

La cuota global anual de raya volantín para el año 2019 fue establecida tomando en cuenta que mantener una veda extractiva impide la recopilación de la información requerida para la realización de programas de monitoreo y que no existen condiciones de cuotas que permitan llevar a cabo una pesca de investigación. Por lo tanto, se define un Status quo a nivel nacional de 70 toneladas para todo el país, con un rango de cuota biológicamente aceptable de 56 a 70 toneladas. Respecto a la aplicación del Status quo para definir la cuota extractiva, el comité científico señala que se requiere su reevaluación, al corresponder a una aproximación de varios años y debido a que las cuotas han sido fuertemente sobrepasadas (Acta 05/2018⁹⁶).

En la Figura 6.19 se aprecia la evolución que han presentado los desembarques de raya volantín. Se observa un valor máximo histórico durante el año 2003 que estaría relacionado con una alta demanda proveniente del mercado externo. La caída en los valores de desembarque durante los años siguientes, mantenidos hasta la actualidad, son en parte un reflejo de las medidas de administración aplicadas al recurso, alcanzándose valores mínimos en los reportes de los años 2014, 2015 y 2017 correspondientes a 24, 37 y 31 toneladas respectivamente. Estos registros corresponderían a una extracción del recurso raya volantín como fauna acompañante de las pesquerías dirigidas a merluza común, congrio dorado y merluza del sur, pudiendo monitorearse escasos ejemplares para la obtención de datos biológico-pesqueros (Chong et al., 2018⁹⁷).

93 Lamilla J. 2012. Distribución espacio-temporal de *Zearaja chilensis* y *Dipturus trachyderma* en el área marítima de la región de Magallanes y Antártica chilena. Informe Final, Pesca de Investigación. 64 pág.

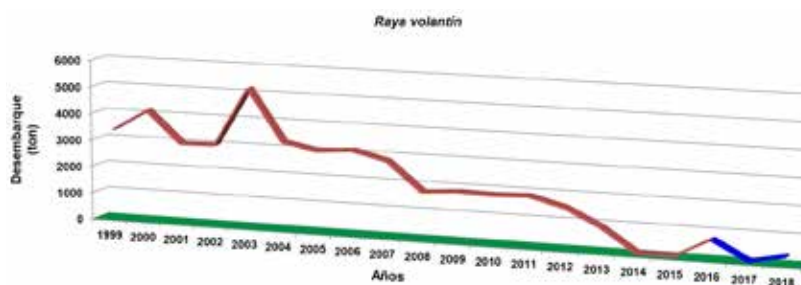
94 Informe Técnico N°4/2015. Subpesca. 2015. Asesoría administración pesquería de raya en su unidad de pesquería, año 2016. Comité Científico Técnico de Recursos Demersales Zona Centro-Sur. Recuperado de: http://www.subpesca.cl/institucional/602/articles-91756_documento.pdf

95 M. Pérez. 2018. Informe 3 Consolidado Convenio de Desempeño 2017 Estatus y posibilidades de explotación biológicamente sustentables de los principales recursos pesqueros nacionales, 2018: Raya volantín, 2018 Subsecretaría de Economía y EMT / marzo 2018

96 Comité Científico Técnico de Recursos Demersales Zona Centro Sur (CCT-RDZCS). 2019. Acta Sesión N°05/2018. Subpesca

97 Chong L., L. Adasme, V. Ojeda, L. Muñoz, E. Garcés, A. Villalón, K. Hunt & L. Cid. 2018. Informe Técnico Final Convenio de Desempeño 2017 Seguimiento de las Pesquerías Demersales y Aguas Profundas 2017 Sección III: Pesquería Demersal Sur Austral Artesanal, 2017 Subsecretaría de Economía y EMT / Agosto-2018. 147 pp + Anexos

Figura 6.19. Desembarques totales de raya volantín en toneladas, entre 1999 y 2018



FUENTE: Anuarios Estadísticos, Sernapesca

Entre los principales problemas que presenta la modelación de este recurso, se menciona la incertidumbre asociada a muestreos de longitud y a estimados de captura, a causa del subreporte y descarte. Por ejemplo, se carece de información de ejemplares mayores a 20 y 25 kilogramos debido a que éstos son aleteados y comercializados previos al muestreo.

Por otra parte, los ejemplares con pesos menores a 3 kilogramos suelen ser descartados, sin embargo, esta práctica se realiza generalmente liberando a los ejemplares sin mayores daños. Otro problema surge a raíz del sesgo existente en las estadísticas regionales de desembarque en cuanto a las procedencias según la zona de explotación. Esto puede tener un impacto en la evaluación del stock, al generar mayor incertidumbre en las estimaciones del modelo aplicado. Además, ante la falta de observadores científicos, no se dispone de datos para obtener una correcta estandarización del esfuerzo pesquero. También la amplia distribución espacial del recurso, genera incertidumbre sobre la estructura del stock y considerando las más de 42 especies de raya presentes a lo largo de Chile, no se tiene certeza de la correcta identificación de raya volantín en las estadísticas de desembarque.

Sin embargo, una de las fortalezas de esta evaluación radica en que permite reproducir en forma precisa la producción de la población. Aunque se considere que es un recurso de datos limitados o pobres debido a la carencia de evaluaciones directas o debido a la incertidumbre que presenta la información pesquera, se cuenta con datos suficientes para realizar una evaluación de estructura a la edad (Pérez, 2018 op. cit.).

En cuanto a la disponibilidad de información proveniente de la pesquería, el Comité Científico Técnico ha señalado como limitantes la poca disposición de parte de los usuarios, una flota de operatividad asociada a varios recursos objetivo y que las bajas cuotas y vedas anuales estarían afectando la recopilación de datos. Los expertos además mencionan, que se requiere de fórmulas que benefician la toma de datos, ya que contar sólo con la modelación no es suficiente para mejorar la situación actual del recurso. Para solucionar esto se sugiere generar acuerdos con los usuarios en cuanto a las condiciones operacionales de la pesca y a la disposición para la toma de información. Puntualmente se recomienda: generar una investigación anual que permita tener un índice de captura por unidad de esfuerzo, acceder a los desembarques para su muestreo, facilitar el embarque de observadores científicos, mejorar el control de la extracción y mapear capturas y áreas de pesca para circunscribir zonas biológicas, entre otras (Acta 01/2019⁹⁸).

Los niveles de mortalidad por pesca de este recurso son bajos, pero biológicamente es de muy lenta recuperación, lo cual lo hacen especialmente sensible a la explotación pesquera, dado que presenta bajas tasas de crecimiento y alcanza la madurez sexual de forma tardía. Además, en las tres zonas donde se desarrolla la pesquería, y como ha sido característico hace algunos años, el mayor porcentaje de las capturas observadas corresponden a ejemplares bajo la talla de primera madurez sexual.

Entre los avances que se han realizado para mejorar la incertidumbre asociada a este recurso, se menciona la definición de puertos estratégicos para optimizar las coberturas de los muestreos y la capacitación en la mejora de la identificación específica de las especies.

En cuanto al trabajo a futuro se recomienda elaborar estudios de distribución espacio-temporal, orientados a conocer patrones migratorios y la distribución del recurso; realizar investigaciones de parámetros de vida, reclutamiento, madurez sexual, potencial reproductivo, y de áreas de desove para comprender de forma más adecuada los procesos biológicos y la dinámica poblacional de los individuos (Chong et al. 2018, op. cit.).

“BACALAO DE PROFUNDIDAD”**Taxonomía:**

Oren: Perciformes

Familia: Nototheniidae

Especie: *Dissostichus eleginoides* (ДЮССТИХ, ЛОЖО)

**Distribución Geográfica:**

D. eleginoides es una especie demersal y también abisal (habitando bajo los 2.000 m), distribuida en el hemisferio sur, principalmente en aguas antárticas y subantárticas, en los océanos Pacífico Suroriental, Atlántico e Índico (Sancho et al. 2003⁹⁹).

El bacalao habita desde los 70 m hasta los 2.800 m de profundidad, aunque en Chile se le ha capturado hasta los 2.500 m (Young et al. 1998¹⁰⁰).

Características biológicas y ecológicas:

El bacalao de profundidad es una especie muy longeva, llegando a vivir hasta los 50 años, alcanzando grandes tamaños, los que pueden sobrepasar los 2.20 m, en hembras y 1.80 m en machos (Horn 2002¹⁰¹). Reproductivamente, es una especie que presenta baja fecundidad, con valores numéricos de ovocitos que van desde los 260 a los 800 mil. Los estudios microscópicos de las gónadas sugieren que sería un desovador sincrónico por grupo, con un evento de desove anual (Young et al. 1999¹⁰²). Otros estudios sugieren que esta especie presenta un período amplio de desove y que este proceso se efectuaría únicamente en la región austral de Chile, destacándose que hasta ahora no se cuenta con evidencias que este recurso se reproduzca en otra zona del océano Pacífico frente a la costa de Sudamérica (Arana 2009¹⁰³).

Situación pesquera del recurso:

En Chile la extracción del bacalao de profundidad presenta régimen de Pesquería en Desarrollo Incipiente entre el paralelo 47° LS y la Región de Magallanes, comprendiendo toda la Zona Económica Exclusiva Nacional, al Oeste de las líneas de base rectas.

En el año 1966 se establece una veda extractiva entre el 01 de junio y el 31 de agosto aplicada al área de desove comprendida entre los paralelos 53° y 57° L.S.(D.S. 273-96 MINECON) (Subpesca, 2019 op. cit.).

El rango de captura biológicamente aceptable para 2019 respecto al recurso bacalao de profundidad es de un mínimo de 3.417 toneladas y un máximo de 4.271 (Acta 01/2018¹⁰⁴). En tanto que la Cuota Global Anual de Captura año 2019 en la Unidad de Pesquería lícitada, al sur del paralelo 47° LS se fijó en 2.248 toneladas, de éstas se deben deducir 40 toneladas como cuota de investigación, restando 2.208 toneladas como cuota objetivo.

En cuanto al estudio de la pesquería, los indicadores del estado del stock estimados habrían presentado una reducción continua entre los años 1992 y 2002, descendiendo por bajo el nivel de biomasa que genera el Rendimiento Máximo Sostenible entre los años 1994 y 1997, hecho coincidente con los altos niveles de mortalidad por pesca que habrían afectado al proceso de reclutamiento. Entre los años 2006 y 2013, el stock se mantuvo relativamente estable, estimándose para el año 2014 un valor de biomasa desovante cercano al 17% del tamaño del stock presente a inicio de los años 90. Por otra parte, el indicador de reclutamiento estimado habría presentado una declinación sostenida entre los años 1995 y 2016, situación que habría sido ya reportada en evaluaciones previas. Se ha señalado que en los últimos 15 años el stock de bacalao de profundidad ha permanecido bajo el 20% de la biomasa desovante inicial, alcanzando una condición de agotamiento en el año 2001 y que al presente permanece en estado de agotamiento o colapso y en situación de sobrepesca (IFOP, 2016¹⁰⁵; Acta 03/2018¹⁰⁶, Tascheri, 2018¹⁰⁷).

- 99 Sancho, A., B. Ortiz-Von Halle & N. Naranjo. 2003. La pesca y el comercio de bacalao de profundidad *Dissostichus eleginoides* en América del sur: Una perspectiva regional. Informe de la red Traffic. 191 pp.
- 100 Young, Z., H. González & P. Gálvez. 1998. Análisis de la pesquería de bacalao de profundidad en la zona sur-austral. Informe Final FIP-IFOP 96-40, 54 pág. + Anexo.
- 101 Horn, P. 2002. Age and growth of Patagonian toothfish (*Dissostichus eleginoides*) and Antarctic toothfish (*D. mawsoni*) in waters from the New Zealand subantarctic to the Ross Sea, Antarctica. Fisheries Research, 56: 275-287.
- 102 Young, Z., J. Oliva, A. Olivares & E. Díaz. 1999. Aspectos reproductivos del recurso bacalao de profundidad en la I a X Regiones. Informe Final FIP-IFOP 97-16, 51 p + Anexo.
- 103 Arana P. 2009. Reproductive aspects of the Patagonian toothfish (*Dissostichus eleginoides*) off southern Chile. Lat. Am. J. Aquat. Res., 37(3): 381-394.
- 104 Comité Científico Técnico de Recursos Demersales de Aguas Profundas (CCT-RDAP). 2019. Acta Sesión Extraordinaria N°01/2019. Subpesca
- 105 Instituto de Fomento Pesquero. 2016. Informe de Estatus. Estatus y posibilidades de explotación biológicamente sustentables de los principales recursos pesqueros nacionales al año 2016: Bacalao de profundidad, 2016.
- 106 Comité Científico Técnico Pesquero de Recursos Demersales de Aguas Profundas (CCT-RDAP). 2018. Acta Sesión N°03/2018. Subpesca
- 107 Tascheri. 2018. Informe 3 Consolidado. Convenio de Desempeño 2017. Estatus y posibilidades de explotación biológicamente sustentables de los principales recursos pesqueros nacionales al año 2018: Bacalao de profundidad, 2018 Subsecretaría de Economía y EMT/ Marzo 2018 115 pp + Anexos

De acuerdo al marco biológico de referencia construido, se concluye que el stock sudamericano está reducido a un nivel equivalente al 19% de la biomasa desovante inicial. El análisis para el stock nacional entrega una reducción de la biomasa desovante al año 2017 de un 18% con respecto a la biomasa desovante inicial. Esto sitúa a la biomasa del stock del recurso, en ambos casos, en un estado de agotamiento con una probabilidad del 67% y además con un estimado de mortalidad por pesca que lo sitúa en sobrepesca durante el año 2017 (Acta 03/2018 op. cit.).

El detalle de la evolución de los desembarques totales desde 1999 hasta el año 2017 se presenta en la Figura 6.20, en la que se aprecia un descenso sostenido hasta el año 2014. Los mayores valores de desembarque de esta serie ocurrieron durante los años 1999 y 2000, con capturas por sobre las 12.000 toneladas. Este valor supera alrededor de 5 veces los desembarques del año 2014, en el cual se obtuvo un total de 2.707 toneladas. En 2015 se observa un ligero repunte en los desembarques respecto a 2014, lográndose una captura cercana las 4.000 toneladas, este valor continúa aumentando levemente durante los siguientes años llegando a alcanzar 6.117 toneladas al año 2017.

Figura 6.20. Desembarques totales de bacalao de profundidad en toneladas, entre los años 1999 y 2017.



FUENTE: Anuarios Estadísticos, Sernapesca

Dentro del programa de seguimiento de las pesquerías demersales se realizó el monitoreo de las flotas operativas durante el año 2017. La flota industrial presentó cambios en su operatividad reduciendo la actividad extractiva producto de la disminución de las cuotas de captura y modificando su funcionalidad mediante la introducción del palangre denominado “cachalotera”, que tiene por finalidad disminuir el efecto de la interacción con mamíferos marinos. En cuanto a la concentración espacial se registró una cercanía de las operaciones de pesca con aguas atlánticas, lo que corrobora la migración del recurso entre aguas argentinas y chilenas. Frente al antecedente de la conectividad existente entre aguas chilenas y argentinas, se recomienda la realización de estudios de marcaje-recaptura sobre el recurso, tanto para poder conocer mejor los procesos migratorios de la especie como para determinar con mayor exactitud el tamaño del stock. Además, se menciona que generar estudios del proceso de desove permitiría dilucidar los mecanismos, frecuencias y la importancia de los diferentes eventos definidos como de desove temprano y desove principal, realizando estudios que permitan reconocer las estructuras que diferencian ovarios de desoves recientes y post desovantes, lo que permitiría mejorar la estimación de la fracción desovante. Además, se menciona la necesidad de aumentar a dos la cantidad de observadores científicos para el monitoreo de la operatividad, debido a la multiplicidad de actividades desarrolladas en los viajes de pesca y para elevar la calidad de la información recolectada de acuerdo a estándares internacionales. La flota artesanal, que operó al norte del paralelo 47° S, y en la UPL (al sur del paralelo 47° LS), presentó cambios relacionados a las modificaciones de la Ley General de Pesca y Acuicultura a partir del año 2012 como el establecimiento de dos períodos extractivos en las temporadas de pesca desde el 2016 en adelante. Históricamente se ha presentado la problemática denominada “carrera olímpica” consistente que en cada participante de la flota intenta extraer la mayor cantidad de recurso previo al agotamiento de la cuota.

Sin embargo, la carrera olímpica sigue ocurriendo, a pesar de las modificaciones realizadas a la distribución de la cuota de captura y se encuentra motivada por la alta valorización económica del recurso, que constituye el mayor valor económico dentro de la pesquería artesanal nacional. Incluso, durante el año 2017 aumentó el número de embarcaciones con desembarques de bacalao, lo que confirma el aumento registrado en el 2016 y, en consecuencia, el fuerte interés que ha generado la captura del recurso en los últimos años (Céspedes et al., 2018 op. cit.).

En cuanto al descarte, se señala que toda la información existente proviene de forma exclusiva de la flota industrial ante la problemática que ha presentado la presencia de observadores científicos en las faenas de la flota artesanal. Lo registrado indica un aumento del descarte en el año 2017 causado principalmente por la calidad de los ejemplares.

Entre las indicaciones realizadas por el Comité Técnico Científico respecto al monitoreo de la pesquería, se señalan: corregir el actuar de los armadores artesanales que no permiten la presencia de observadores científicos, corregir la metodología de clave talla-edad

en el análisis de otolitos, la que debería ser diferenciada por zona del área de la pesquería artesanal, y revisar la literatura relacionada a la estructura poblacional del recurso con el fin de mejorar el conocimiento de la conectividad existente entre aguas Atlánticas y del Pacífico. También se señala la necesidad de fortalecer la comunicación entre los Comités Científicos y los de Manejo (Acta 03/2018 op. cit.).

Tascheri (2018, op. cit.) menciona que se requiere contar con un conocimiento más acabado del recurso en cuanto a su estructuración espacial para poder mejorar la modelación que conlleva a la estimación de una posible captura biológicamente aceptable. Además, se refiere a la incertidumbre existente en las evaluaciones debida al escaso conocimiento de la dinámica de depredación de pesca por mamíferos marinos, para lo cual sería necesario un trabajo de larga implementación que cuantifique impactos económicos y demográficos de esta depredación.

“LANGOSTINO COLORADO”

Taxonomía:

Orden: Decapoda

Familia: Munididae

Especie: *Pleuroncodes monodon* (Edwards 1837)



Distribución Geográfica:

La distribución del langostino colorado *Pleuroncodes monodon*, se extiende desde la isla Lobos de Afuera, Perú hasta Ancud, Chile (Retamal 1981¹⁰⁸), y su área de extracción pesquera en Chile se encuentra entre Coquimbo y Talcahuano (Gallardo et al. 1993¹⁰⁹), distribuyéndose batimétricamente entre 50 y 350 m de profundidad.

Características biológicas y ecológicas:

En la zona centro sur de Chile, se la ha definido como una especie de hábitos bentodemersales, y su distribución batimétrica varía en función de su comportamiento reproductivo (Palma & Arana 1997¹¹⁰). Sin embargo, en la zona norte, se ha reportado que la distribución del langostino colorado sería más bien de tipo pelágica, distribuyéndose en aguas relativamente superficiales, entre 0-100 m de profundidad (Gutiérrez & Zúñiga 1977¹¹¹). La reproducción de *P. monodon* en la costa norte de Chile tiene una marcada estacionalidad, en donde el periodo de mayor actividad reproductiva sería a fines de agosto, con un segundo periodo en enero (Rivera & Santander 2005¹¹²).

Situación pesquera del recurso:

Este recurso se extrae por la flota pesquera de arrastre en forma conjunta con el camarón nailon y el langostino amarillo desde los años 50, dentro de la zona central de Chile. Las capturas del langostino colorado llegaron a concentrar más del 60% de los desembarques nacionales de crustáceos en el año 1970, con extracciones realizadas entre las regiones IV y VIII, obteniéndose un máximo de 62.662 toneladas en 1976. El desarrollo de esta pesquería ha sido interrumpido debido a la aplicación de vedas en los años ochenta y en el año 2001. Esta última veda duró 10 años, sin embargo durante ese período se autorizó el desarrollo de pescas de investigación (Queirolo et al. 2015¹¹³).

En el recurso langostino colorado se pueden distinguir dos áreas de pesquería: una unidad de pesquería norte (UP norte) entre las regiones XV y IV, y se administra bajo el régimen de Licencias Transables de pesca. Y una unidad sur (UP sur) que abarca las regiones V a VIII y se encuentra en régimen de pesquería en recuperación (D. S. N°787/1996, MINECON).

- 108 Retamal, M. 1981. Catálogo ilustrado de los crustáceos decápodos de Chile. *Gayana Zool.*, 44: 1- 10.
- 109 Gallardo, V., I. Cañete, S. Enriquez-Briones, R. Roa, A. Acuña & M. Baltazar. 1993. Biología del langostino colorado *Pleuroncodes monodon* H. Milne Edwards, 1837 y especies afines (Crustacea, Decapoda, Anomura, Galatheididae): sinopsis. En: F. Faranda & O. Parra (eds.). Elementos básicos para la gestión de los recursos vivos marinos costeros de la región del Biobío. Programa EULA, Universidad de Concepción, Monografías Científicas, 2: 67-113.
- 110 Palma, S. & P. Arana. 1997. Aspectos reproductivos del langostino colorado (*Pleuroncodes monodon* H. Milne Edwards, 1837), frente a la costa de Concepción, Chile. *Invest. Mar., Valparaíso*, 27: 203-221.
- 111 Gutiérrez, J. & O. Zúñiga. 1977. *Pleuroncodes monodon* H. Milne Edwards, 1837 en la bahía de Mejillones del sur, Chile (Crustacea, Decapoda, Anomura). *Rev. Biol. Mar., Valparaíso*, 16(2): 161- 169.
- 112 Rivera J. & E. Santander 2005. Variabilidad estacional de la distribución y abundancia de larvas de langostino colorado en la zona norte de Chile (Decapoda, Anomura, Galatheididae). *Invest. Mar., Valparaíso*, 33(1): 3-23.
- 113 Queirolo D., M. Ahumada, R. Wiff, J. Paramo, P. Arana, M. Lima & A. Flores. 2015. Informe Final. Convenio de Desempeño, 2014. Evaluación directa de langostino amarillo y langostino colorado entre la II y VIII Regiones, año 2014. Subsecretaría de Economía y EMT. Instituto de Fomento Pesquero.

Para ambas unidades de pesquería se establece, una veda biológica entre los meses de enero, febrero y septiembre de cada año en todo el territorio nacional orientada a proteger procesos de crecimiento, portación de huevos y liberación larval. Debido a que el arte de pesca es altamente selectivo hacia ejemplares de mayor tamaño, no presenta vedas por reclutamiento ni talla mínima (Cavieres, 2018¹¹⁴).

El Comité Científico Técnico de Crustáceos Demersales, estableció que la unidad de pesquería sur del recurso langostino colorado se encuentra en estado de plena explotación, con una razón de biomasa desovante de 0.76 respecto del valor de referencia ($40\% B_0$), lo que equivale a un 7% bajo el nivel de biomasa de referencia al rendimiento máximo sostenible. Por su parte, el indicador de mortalidad por pesca señala que el recurso se encuentra en condición de sobrepesca.

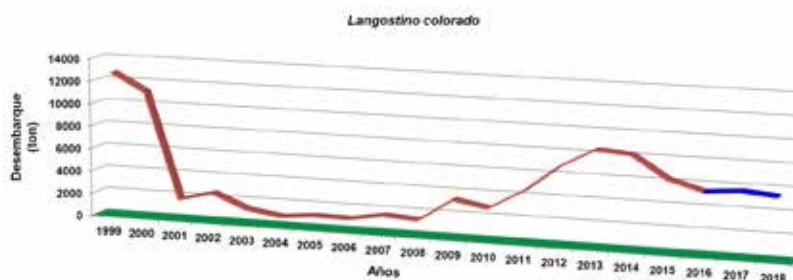
Se consideraron los datos del programa de Seguimiento de Pesquerías de Crustáceos Demersales en conjunto a los desembarques registrados por SERNAPESCA para realizar la modelación de la evaluación del stock. Se incluyeron series de datos desde el año 1998 al 2017 para la UPN y entre los años 1968 a 2017 para la UPS. Los resultados para la UPN muestran una biomasa total que aumenta hasta alcanzar un máximo hacia fines de la década del 2000, para posteriormente presentar una baja sostenida hasta el año 2017, la cual podría ser relacionada a una baja constante en los reclutamientos a partir del año 2006. Al año 2017 el recurso se clasifica en plena explotación. En cuanto a la UPS, se obtuvieron indicadores de captura por unidad de esfuerzo y estimados de biomasa que disminuyeron en forma constante desde el 2010 y desde el 2009 respectivamente, probablemente causados por descensos en los reclutamientos durante el mismo período. Se clasifica para el año 2017 al langostino colorado de la UPS en una fase de sobreexplotación (Cavieres op. cit.).

Se estableció para la UP sur una cuota global anual de captura año 2019 de 4.798 toneladas, la cual se distribuye en 86 toneladas para cuota de investigación, 50 toneladas de fauna acompañante, una cuota objetivo de 4.662 toneladas y un 10% de subasta anual correspondiente a 466 toneladas. La cuota fuera de la unidad de pesquería fue de 12 toneladas (Subpesca, 2019 op. cit.).

En la serie presentada en la Figura 6.21 se observa una fuerte disminución en los valores de desembarque a partir del año 2001, momento en que se implantó una veda que estaría vigente por 10 años.

De esta forma, los valores de desembarque hasta el año 2010 provienen de la autorización de pescas de investigación. En el año 2011 se reinició la actividad comercial y se observa un alza en los valores que llegan a superar las 8.000 toneladas los años 2013 y 2014. El desembarque durante los años 2016, 2017 y 2018 ha bordeado las 5 mil toneladas.

Figura 6.21. Desembarque total nacional de langostino colorado en toneladas, entre 1999 y 2018.



FUENTE: Anuarios Estadísticos, Sernapesca

El registro de desembarque del año 2017 desglosado por unidad de pesquería presentó un registro de 991 toneladas para la UP norte, lo que corresponde a un 90% del valor de la cuota global establecida para ese año (1103 toneladas). En tanto que la UP sur presentó un desembarque de 4.670 toneladas, equivalente a un 97,3% del valor de la cuota global (4.798 toneladas). En cuanto a rendimientos de pesca y captura media por lance, la UP sur presentó valores superiores a los registrados en la UP norte. El desembarque total del 2017 fue de 5661 toneladas, con un valor de 4.959 toneladas correspondiente a la extracción de la flota industrial que operó entre las regiones de Atacama y Bío Bío, con los mayores registros provenientes de las regiones del Maule y Bío Bío. La flota artesanal operó principalmente en la Región de Coquimbo desembarcando 695 toneladas (Zilleruelo et al., 2018¹¹⁵).

Los desembarques de esta especie, al igual que otros recursos de importancia pesquera, tienen asociado un nivel de incertidumbre

114 J. Cavieres. 2018. Informe 3 Consolidado. Convenio de Desempeño 2017. Estatus y posibilidades de explotación biológicamente sustentables de los principales recursos pesqueros nacionales al año 2018: Langostino colorado, 2018 Subsecretaría de Economía y EMT/ Mayo 2018. 87 pp + Anexos

115 Zilleruelo M., D. Párraga, C. Bravo & M. Jiménez. 2018. Boletín de difusión. Convenio desempeño 2017. Programa de seguimiento de las pesquerías de crustáceos demersales 2017: Crustáceos demersales, 2017 Subsecretaría de Economía y EMT, Septiembre 2018. IFOP

debido a subreporte y descarte, práctica que habría ocurrido junto al establecimiento de cuotas de captura y que en el caso de langostino colorado ocurre en pesquerías orientadas a la extracción de otros recursos, como en la de merluza común. Otras fuentes de incertidumbre se presentan al establecer supuestos en los parámetros de historia de vida (crecimiento, mortalidad y madurez), y a partir de sesgos en las evaluaciones directas (Bucarey et al. 2015¹¹⁶). Para revertir esto, se recomienda revisar la utilización en el modelo de estructuras de tallas para aquellos años que presentaron muestreos poco representativos en cuanto al tamaño de la muestra.

Se ha discutido si se deben o no considerar las unidades poblacionales utilizadas para evaluar el stock, considerando un estudio realizado por Canales et al. (2016 en Cavieres op. cit.) a partir del cual se encontró una importante influencia de factores como la corriente de Humboldt, las desembocaduras de ríos y diferencias latitudinales asociadas a la batimetría en la estructura poblacional del camarón nailon, cuyo hábitat es similar al del langostino colorado y por lo tanto permitiría actualizaciones en la evaluación del recurso.

“LANGOSTINO AMARILLO”

Taxonomía:

Orden: Decapoda

Familia: Munididae

Especie: *Cervimunida johni* (Porter 1903)



Distribución Geográfica:

El langostino amarillo se distribuye en forma agregada, entre la II y la VIII Región de Chile (Acuña et al. 2008¹¹⁷). Se distribuye verticalmente entre profundidades que van desde 50 a 500 m.

Características biológicas y ecológicas:

Es una especie de hábitos bentónicos, donde suele establecer densas agrupaciones sobre sustratos fangosos y duros (Canales & Arana, 2012¹¹⁸). Para el langostino amarillo se ha determinado que las hembras son portadoras de huevos entre mayo y noviembre, con moda en agosto y la liberación larval ocurriría entre octubre y noviembre (Wolff & Aroca, 1995¹¹⁹). Los machos alcanzan un mayor tamaño y peso que las hembras; en la zona centro-norte, la talla media de madurez en las hembras es de 25 mm LC. La fecundidad varía entre aproximadamente 1.000 y 20.000 huevos.

Situación pesquera del recurso:

La pesquería del langostino amarillo se comienza a desarrollar de forma incipiente en la década de los años 50, con capturas que fluctúan entre 4 mil y 6 mil toneladas en caladeros de la IV y V Región. En los años 60 esta actividad se incrementa, con lo cual se llega a un estado de sobreexplotación, lo que desplaza la flota hacia el sur. Luego vino un período de bajas capturas hasta la década de los 80.

A partir de 1990, la pesquería se circunscribe principalmente a las regiones III y IV debido a una veda instaurada para el resto del litoral. La flota operante es multiespecífica, realiza capturas de langostinos amarillo y colorado, de camarón nailon y de gamba, y su producción en congelados genera importantes divisas de exportación. (Informe Técnico N°134/2005¹²⁰).

A partir de 1995 esta pesquería es separada en dos unidades administrativas. La unidad de pesquería norte abarca las regiones de Atacama y Coquimbo (UAN), se encuentra declarada en régimen de plena explotación. La segunda, presenta un régimen de recuperación y se enmarca entre las regiones de Valparaíso y del Bío Bío (UAS). Bajo ambos regímenes el recurso langostino amarillo

- 116 Bucarey, D., C. Canales, C. Montenegro, M. Zilleruelo & D. Párraga. 2015. Informe de Estatus. Convenio desempeño 2015. Estatus y posibilidades de explotación biológicamente sustentables de los principales recursos pesqueros nacionales al año 2016: Langostino colorado. Subsecretaría de Economía y EMT/Septiembre 2015. 90 pp + Anexos.
- 117 Acuña, E., R. Alarcón, L. Cid, H. Arancibia, L. Cubillos & A. Cortés. 2008. Evaluación directa de langostino colorado y langostino amarillo entre la II y VIII Regiones, año 2005. Informe Final, Proyecto FIP 2005-09: 348 pp.
- 118 Canales C. & P. Arana. 2012. Estimación de la biomasa de langostino amarillo (*Cervimunida johni*), aplicando Modelo Lineal Generalizado a registros de captura por área barrida en la zona central de Chile. Lat. Am. J. Aquat. Res., 40(2): 316-334
- 119 Wolff, M. & T. Aroca. 1995. Population dynamics and fishery of the Chilean squat lobster *Cervimunida johni* porter (Decapoda, Galatheididae) off the coast of Coquimbo, northern Chile. Rev. Biol. Mar., Valparaíso, 30(1): 57-70.
- 120 Informe Técnico N°134/2015. Subpesca. 2005. Cuota Global Anual Langostino Amarillo (*Cervimunida johni*) III y IV Región, Año 2006. Recuperado de: www.subpesca.cl/institucional/602/articles-7050_documento.pdf.

cuenta con medidas de conservación como una veda establecida para los meses de enero, febrero y septiembre de cada año, cuotas de captura y un plan de manejo aprobado y en funcionamiento (Bucarey et al., 2013¹²¹; Subpesca, 2019 op. cit.).

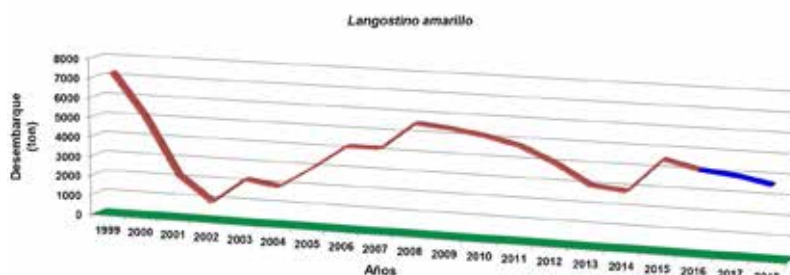
Por consenso, el comité científico estableció que el recurso se encuentra en estado de plena explotación, con una razón de biomasa desovante de 1.189 respecto al valor de biomasa de referencia, equivalente a un 18,9% por sobre el nivel de biomasa de referencia al rendimiento máximo sostenible, sin riesgo de sobreexplotación. La mortalidad por pesca es indicativa de que no habría riesgo de estar en sobrepesca. (Subpesca, 2019 op. cit.)

Se analizaron los datos actualizados a diciembre del año 2017 provenientes desde: la información pesquera proporcionada por el programa de seguimiento de pesquerías demersales, los estimados obtenidos a partir de la realización de cruceros de evaluación directa y lo expuesto en la bibliografía en relación a parámetros de vida, ojiva de madurez y mortalidad natural, considerándose la unidad de análisis norte (UAN 26°03' – 30°30' L.S.) y la unidad de análisis sur (UAS 30°30' – 38°48'). Entre los resultados obtenidos para la UAN se presenta una biomasa total que aumentó en forma sostenida entre los años 2001 y 2011, para decaer de forma continua hasta el 2017, esta caída se ha asociado a una baja en los reclutamientos desde el año 2013. El indicador de biomasa desovante disminuyó en el año 2017 en comparación al 2016. Por otra parte, la UAS presentó un índice relativo de abundancia y estimados de biomasa desovante con tendencia a la baja desde el año 2007, asociados a la caída de los reclutamientos desde el 1997. Esto definiría al recurso en una condición de plena explotación para ambas unidades de análisis en el año 2017 (Cavieres op. cit.)

La asignación de la cuota global anual de captura para el año 2019 en la unidad de pesquería que incluye las regiones de Valparaíso al Bío Bío fue de 2.027 toneladas, de las cuales 40 toneladas fueron asignadas como reserva de investigación y 2.450 toneladas como cuota objetivo, con 808 toneladas para la flota artesanal, 1.960 toneladas como cuota objetivo, de la cual un 10% se puede destinar a subasta anual, y 27 toneladas como extracción de fauna acompañante. La cuota de captura fuera de la unidad de pesquería fue establecida en 20 toneladas (Subpesca, 2019 op. cit.).

En la Figura 6.22 se observa un valor máximo de captura obtenido en el año 1999, lo que provocó una condición de sobreexplotación en el recurso y una consecuente baja en las capturas hacia el año 2002, en el que se obtuvieron 925 toneladas. Entre los años 2015 y 2018 los estimados de desembarque se han mantenido medianamente estables variando entre 3.600 y 4.500 toneladas.

Figura 6.22. Desembarque total de langostino amarillo en toneladas, entre 1999 y 2018.



FUENTE: Anuarios Estadísticos, Sernapesca

El valor de la cuota de desembarque registrado para el 2017 en las regiones III y IV fue de 2.033 toneladas, el equivalente a un 94% del valor de la cuota establecida para el recurso. Esta zona presenta una tendencia a la disminución desde 2015 en el esfuerzo de pesca. La unidad de análisis que incluye a las regiones V a VIII presentó un desembarque de 1.914 toneladas, lo que equivale al 98% de la cuota global correspondiente a 1.954 toneladas. Esto corresponde a un total para ambas unidades de análisis durante el año 2017, de 3.947 toneladas, con 3.332 toneladas provenientes de la flota industrial, con el mayor valor extractivo asociado a la Región de Coquimbo. La flota artesanal, operando en las regiones de Atacama y Coquimbo, desembarcó un total de 615 toneladas (Zilleruelo op. cit.).

La información utilizada en la evaluación de este recurso contiene importantes fuentes de incertidumbre provenientes de: información referente a las áreas de captura, del subreporte o descarte que genera dudas sobre los valores de desembarque. Además, los datos disponibles difieren en su calidad al provenir de muestreos realizados durante el desembarque en los años ochenta mientras que, a partir de 1996, los muestreos han sido realizados a bordo, lo que implica una mejora desde el punto de vista del diseño.

Aunque actualmente este recurso presenta un buen estatus de los stocks explotados, se recomienda mantener una reducción del

121 Bucarey, D., C. Montenegro, M. Zilleruelo, D. Párraga & C. Bravo. 2013. Segundo Informe Final. Convenio II Proyecto 2.12: Investigación del estatus y posibilidades de explotación biológicamente sustentables en langostino amarillo, año 2014: Langostino amarillo, 2014. Subsecretaría de Economía y EMT/Septiembre 2013. 82 pp + Anexos.

esfuerzo de pesca durante los períodos reproductivos de esta especie, con la finalidad de prevenir una baja en el nivel de asentamiento de las larvas ante condiciones oceanográficas favorables.

“CAMARÓN NAILON”



Taxonomía:

Orden: Decapoda

Familia: Pandalidae

Especie: *Heterocarpus reedi*, Bahamonde 1955

Distribución Geográfica:

El área de distribución del camarón nylon se extiende frente a la costa chilena entre Taltal (25°19'S) y Puerto Saavedra (39°S), entre 100 y 500 m de profundidad, de preferencia en sustrato de arcilla, aunque Acuña y Arancibia (1996) detectaron su presencia en los 23°48'S, al sur de Antofagasta.

Características biológicas y ecológicas:

Heterocarpus reedi es una especie bentodemersal, habitando de preferencia el borde externo de la plataforma continental (Canales et al. 2016). Las mayores concentraciones se encuentran mensualmente en diferentes profundidades, siguiendo un ciclo entre los 250 y 450 m, con migraciones hacia el norte en verano y hacia el sur en invierno. Su dieta en estado adulto es omnívora.

Arana y Tiffou (1970) determinaron una variación en la proporción sexual de *H. reedi* frente a Valparaíso, en donde predominaban las hembras en invierno y los machos en verano; aunque en tallas mayores las hembras fueron más abundantes. Estos autores determinaron que la talla de primera madurez sexual del camarón nylon, calculada para esas zonas de pesca era de 25 mm LC (método 50%).

Situación pesquera del recurso:

La actividad pesquera asociada a este recurso se desarrolla desde los años cincuenta, cubriendo el área marítima comprendida entre la II y VIII regiones. Las primeras estadísticas de desembarque datan de 1945 con un registro de 53 toneladas, desde entonces hasta el presente, la extracción del camarón nylon ha presentado fluctuaciones que involucran dos períodos de desembarque máximo. Uno a mediados de los sesenta y otro a mediados de los noventa, alcanzando valores anuales de captura que bordean las 11 mil toneladas.¹²²

Desde la segunda mitad de los años noventa hasta el año 2003, estas cifras comienzan a disminuir en forma sostenida, obteniéndose valores anuales cercanos a las 3,5 mil toneladas.

Durante los años siguientes los niveles de desembarque presentan un leve aumento relacionado al valor extractivo establecido a través de la aplicación de cuotas asignadas (Ibarra, 2018¹²³).

En cuanto a medidas de administración, esta pesquería se encuentra sometida a un régimen de plena explotación desde el año 1995, con el acceso restringido a nuevos operadores industriales y artesanales. Se estableció una veda biológica en su unidad de pesquería entre el 1° de julio y el 31 de agosto de cada año (D. Ex. N°92/1998) y una veda extraordinaria en el mes de septiembre en las regiones de Valparaíso y el Maule (D. Ex. N°126/2015). Además, se han establecido regulaciones para las dimensiones y características del arte de pesca (R. Ex. N°762/2013). La pesquería es gestionada mediante un plan de manejo aprobado y en funcionamiento (R. Ex. N°3423/2016) (Subpesca, 2019 op. cit.).

El análisis del estado de este recurso se realiza considerando dos zonas: centro-norte (II-IV regiones) y centro-sur (V-VIII regiones). A

122 Acuña, E. & H. Arancibia. 1996. Evaluación directa del stock de camarón nylon (*Heterocarpus reedi*) por el método de área barrida en la zona de operación de la flota arrastrera de las regiones III y IV. Informe Final Proyecto Universidad Católica del Norte, Universidad de Concepción y Empresas Pesqueras de Coquimbo y Caldera, 71 pp.

Canales M.; J. B. Company & P. Arana. 2016. Population structure of nylon shrimp *Heterocarpus reedi* (Crustacea: Caridea) and its relationship with environmental variables off Chile.

Arana, P. & M. Tiffou. 1970. Madurez sexual, sexualidad y fecundidad del camarón nylon (*Heterocarpus reedi*). Invest. Mar., Valparaíso, 1(11):261-284.

123 M. Ibarra. 2018. Informe 3 Consolidado. Convenio de Desempeño 2017. Estatus y posibilidades de explotación biológicamente sustentables de los principales recursos pesqueros nacionales, año 2018: Camarón nylon, 2018. Instituto de Fomento Pesquero, Subsecretaría de Economía y EMT/ Abril 2018. 120 pp + Anexos.

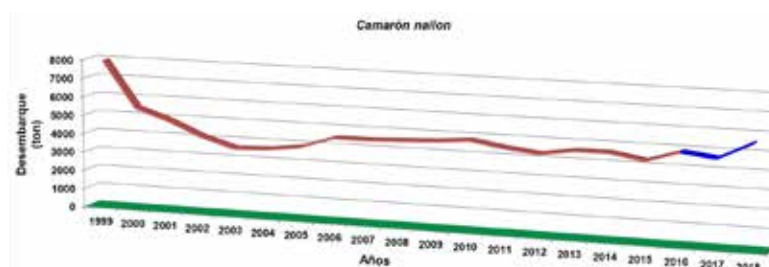
partir de los datos obtenidos hasta el año 2017, se obtuvo para la zona centro-norte una evolución que ubicaba a la pesquería en un estado de subexplotación durante sus inicios, pasando a una situación de sobreexplotación durante los años 80 y 90, provocada por el aumento de la presión extractiva. Durante la última década, debido a la aplicación de medidas de administración, el recurso se sitúa en un estado de plena explotación. Por otro lado, la zona centro-sur ya presentaba niveles de sobreexplotación entre los años 70 y 90, llegando al colapso a fines de los noventa. Esta situación derivó en la aplicación de vedas sucesivas establecidas desde inicio de la década del 2000. Posteriormente la condición del stock mejoró notablemente, debido a las medidas de administración y manejo de la pesquería, llegando a un nivel de subexplotación en los últimos años (Ibarra, 2018 op. cit.).

La determinación del estatus de este recurso al año 2019 fue de subexplotación en la zona centro-norte, con niveles de biomasa desovante que revelan un superávit productivo del stock entre los años 2007 y 2018 y una mortalidad por pesca por debajo del rendimiento máximo sostenible, y en un estado de plena explotación en la zona centro-sur, considerando niveles de biomasa total altos para los años 2005 a 2011, pasando en los años siguientes a una reducción del tamaño poblacional, que llega a niveles cercanos a las 25 mil toneladas en el año 2018. Además, esta zona estaría con niveles de remoción por sobre el rendimiento máximo sostenible. Conforme a lo anterior, el comité científico a cargo sitúa al recurso camarón nailon (Antofagasta al Biobío) en un estado de plena explotación, con un rango de captura biológicamente aceptable de 4.793 – 5.992 toneladas (Informe Técnico N°2/2018¹²⁴).

La cuota global anual de captura para el año 2019 en su unidad de pesquería es de 5.992 toneladas, con 119 toneladas destinadas a cuota de investigación, 1.174 toneladas como cuota objetivo del sector artesanal, 4.698 toneladas de cuota objetivo para el sector industrial y una cuota de 20 toneladas fuera de su unidad de pesquería (D. Ex. N°117/2015). (Subpesca, 2019 op. cit.).

La serie de registros presentada en la figura 6.23 da cuenta del valor más alto de la serie para el año 1999, con 7.951 toneladas de desembarque, es durante estos años cuando se hace evidente el deterioro provocado por las altas cifras de captura obtenidas en los años anteriores lo que lleva a la administración a tomar medidas para proteger al recurso y ordenar la pesquería. De acuerdo a esto, se puede reconocer la disminución en los valores del período entre los años 2000-2005 como una consecuencia de la aplicación de medidas más restrictivas y la poca disponibilidad del recurso. A partir de los años siguientes se aprecia una estabilidad en los valores de desembarque que bordea las 4.500 toneladas, destacando el registro preliminar del año 2018 que presenta un aumento cercano a las mil toneladas respecto de los años anteriores.

Figura 6.23. Desembarque total de camarón nailon en toneladas, años 1999 - 2018.



FUENTE: Anuarios Estadísticos, Sernapesca

El crucero de evaluación directa de camarón nailon realizado el 2018 entre las regiones II y VIII, presentó estimados de biomasa menores a los registrados en los años 2017 y 2016, señalándose que el valor obtenido se encontraría entre los menores de los últimos 10 años de evaluaciones. En cuanto a los patrones de diversidad genética, se señala que ésta no ha disminuido ni se ha promovido la diferenciación genética entre poblaciones pese a la intensa actividad pesquera aplicada al recurso (Acuña et al., 2019¹²⁵).

124 Comité Científico Técnico Pesquero de Crustáceos Demersales. 2018. Informe Técnico N°2/2018. Determinación de Estado de Situación y Rango de Captura Biológicamente Aceptable, año 2019. Camarón Nailon. Subsecretaría de Pesca y Acuicultura, noviembre de 2018.

125 Acuña E., P. Haye, N. Segovia, H. Arancibia, C. Sagua, A. Zúñiga, R. Alarcón, A. Cortés, L. Cid & P. Petitgas. 2019. Informe Final. Convenio de Desempeño 2018-2019. Evaluación directa de camarón nailon entre la II y VIII Regiones, año 2018. Subsecretaría de Economía y EMT/ Mayo 2019. 89 pp + Figuras y Tablas.

La evaluación del stock presenta diferentes niveles de calidad en cuanto a los datos con los que se trabaja. Por ejemplo, la serie de datos de desembarque califica dentro de una calidad baja para los años 80 y 90. Luego, a partir de la implementación de procesos de certificación de desembarque y otras medidas de fiscalización, se cuenta con datos de alta calidad. Al respecto, se señala como requerimiento contar con procedimientos que permitan la asignación correcta de los desembarques en las estadísticas oficiales y que permitan corregir las cifras en las que se estima que el subreporte o el descarte fue mayor. En cuanto a los niveles de muestreo orientados a estimar la composición de tallas, se señala una mejora progresiva en la calidad y cantidad de datos disponibles, pudiendo ser extendida la serie de datos hasta el año 1970. Además, se rescata la incorporación de información asociada a composiciones de tamaños provenientes de la realización de cruceros de evaluación directa, siendo esta información valorada por ser más completa en comparación a la que proviene de las capturas. Su inclusión en las bases de datos podría ser utilizada para volver a estimar los parámetros biológicos del recurso, considerándose las nuevas metodologías disponibles y datos actualizados de las composiciones de tamaño. De acuerdo a lo señalado por expertos internacionales y por el comité técnico a cargo, se recomienda continuar trabajando en el estudio de la dinámica del recurso, principalmente en su crecimiento (Ibarra, 2018 op. cit.).

Además, se ha indicado que los niveles de reclutamiento de la UAS han presentado un leve repunte en el año 2017, luego de presentar una disminución constante los años 2015 y 2016, por lo que se recomienda resguardar la mortalidad por pesca de modo que se favorezca la obtención de una cohorte productiva en el mediano plazo, basada en los ejemplares del 2017 (Cavieres op. cit.). Se ha recomendado mejorar la aplicación de modelos que permitan una evaluación interespecífica, al observarse una interacción entre langostinos y la abundancia de merluza común, aunque este efecto sería de mayor importancia al tratarse de langostino colorado (Queirolo et al. 2015¹²⁶).

RECURSOS DEL HÁBITAT PELÁGICO

“Anchoveta”



Taxonomía:

Orden: Cupleiformes

Familia: Engraulidae

Especie: *Engraulis ringens* (Jenyns 1842)

Distribución Geográfica:

La anchoveta presenta una amplia distribución geográfica en el Pacífico suroriental, distribuyéndose desde los 4°00'S (Perú), hasta los 42°00'S en el sur de Chile (Serra et al. 1979¹²⁷). Verticalmente se distribuye en profundidades que varían entre 10 y 40 metros, dependiendo de las condiciones del mar y de su ciclo biológico.

Características biológicas y ecológicas:

E. ringens es un pez pelágico pequeño, que forma grandes cardúmenes superficiales. Tiene una longevidad de unos 4 años, alcanzando la primera madurez sexual en el primer año de vida, aproximadamente a los 12 cm. de longitud total (Braun et al. 2005¹²⁸). En la zona centro Norte de Chile, *E. ringens* presentaría una mayor actividad reproductiva desde julio a diciembre, y se mantendría en reposo relativo de enero a junio (Canales y Leal 2009).

Situación pesquera del recurso:

El estudio de esta pesquería se realiza considerando registros documentados de captura de anchoveta desde los años sesenta. Se inicia su desarrollo con bajos niveles de desembarque, ante la extracción predominante de sardina común, quedando en un segundo lugar las cifras de extracción del recurso anchoveta, que presenta los menores registros durante el período 1970-1983. Entre los años 1989 y 2013 se da inicio a la fase de desarrollo de la pesquería, caracterizada por presentar mayores niveles de desembarque y un

- 126 Queirolo, D., M. Ahumada, R. Wiff, J. Paramo, P. Arana, M. Lima & A. Flores. 2015. Informe Final. Convenio de Desempeño, 2014. Evaluación directa de langostino amarillo y langostino colorado entre la II y VIII Regiones, año 2014. Subsecretaría de Economía y EMT. Instituto de Fomento Pesquero.
- 127 Serra R, M Aguayo, O Rojas, J Cañón & F Inostroza. 1979. Anchoveta *Engraulis ringens* (Jenyns) Teleostomi Clupeiformes Engraulidae. En: CORFO-IFOP (eds). Estado actual de las principales pesquerías nacionales. Bases para un desarrollo pesquero: I Peces. AP 79/18: 1-52.
- 128 Braun M, V Valenzuela, G Claramunt, H Reyes, M Pizarro, V Cataste, G Herrera, P Moreno, C Gaspar & E Díaz. 2005. Evaluación del stock desovante de anchoveta I y II regiones Año 2005. Informe Final. Proyecto FIP N° 2005- 03: 1-155.

dominio alternado entre sardina y anchoveta (Aranis et al. 2016¹²⁹).

En el territorio nacional se describen tres unidades de pesquería que incluyen las regiones: XV-II, III-IV y V-X. Cada unidad se gestiona mediante un estado y régimen de plena explotación, con acceso cerrado a la pesquería y aplicación de vedas reproductiva y de reclutamiento, establecidas según unidad de pesquería, al igual que el estado del recurso y el establecimiento de la cuota de captura anual (Subpesca 2019, op. cit.).

La actividad pesquera de la zona Arica-Antofagasta se ha sustentado en el recurso anchoveta, contribuyendo con un 77% del total de capturas durante los años 2007 y 2011. El año 2017, la flota operante estuvo compuesta por 100-120 naves artesanales y 60 industriales. El desembarque total de recursos en la zona norte (XV a IV regiones) fue de 631.000 toneladas, de los cuales un 84% correspondió a la anchoveta. Históricamente, las mayores capturas se han asociado a la zona de Arica hasta Antofagasta, dado que en las regiones III y IV la operación se realiza principalmente de forma artesanal (Böhm et al. 2018¹³⁰).

La pesquería presenta una alta variabilidad asociada a factores ambientales, distinguiéndose dos fases en la zona norte: una previa al 2006, caracterizada por altas biomásas y otra de bajas biomásas presente a partir del 2006. Desde el año 2008, se evidencian cambios relevantes para esta zona tales como: una tendencia decreciente en las capturas, reducción en el área de distribución del recurso junto una alta concentración en áreas costeras y cambios en la estructura de tallas, con una menor participación de ejemplares adultos mayores a 16,5 cm y mayor presencia de ejemplares con tallas de 12 a 13,5 cm. Estos cambios han sido relacionados a la entrada de masas de agua cálida, producto del desarrollo de los eventos ENOS de los años 1993, 1998, 2016 y 2017 (Böhm et al., 2018).

Para determinar el estatus de conservación biológica y rango de captura biológicamente aceptable de la pesquería de anchoveta, Regiones Atacama – Coquimbo 2019, el Comité Científico consideró monitoreos de la pesquería, procesos de evaluación de los stocks, evaluaciones directas y datos de hidroacústica y de stock desovante, entre otros. Los resultados obtenidos en cuanto a capturas históricas desde el año 1996 al 2019, fueron indicativos de un aumento en los registros de los dos últimos años, provenientes principalmente del sector artesanal que tuvo una mayor participación. Los desembarques estuvieron compuestos mayoritariamente por anchoveta (90%), confirmando la tendencia del aumento de la presencia de anchoveta en los últimos dos años.

Se observó estacionalidad en las capturas, asociada principalmente a los primeros seis meses del año, aspecto común para la actividad de ambas regiones, y concentración de las faenas de pesca en zonas costeras. En cuanto a la estructura de tallas, entre los años 2003 y 2013, predominaron ejemplares medianos a grandes, con menor participación de individuos menores (9 a 12 cm LT). Los estimados de Índice Gonadosomático (IGS) reflejaron que la mayor actividad reproductiva continúa ocurriendo entre mediados de invierno y primavera. A partir de la evaluación hidroacústica realizada entre las regiones de Atacama y Coquimbo, se concluyó que los estimados de abundancia y biomasa total de anchoveta en 2019, aumentaron respecto del año anterior, siendo el mayor obtenido para la serie histórica. Por otra parte, la abundancia y biomasa de juveniles representó el segundo valor más alto desde el año 2006 a la fecha. El estimado de biomasa desovante presentó un aumento sostenido desde el 2015 (Informe Técnico N°2, 2019¹³¹). La evaluación directa de 2019 realizada por IFOP, presentó un aumento en el reclutamiento respecto del año 2018, conformando el valor más alto desde 1985 y un estimado de mortalidad por pesca que ha disminuido significativamente desde el año 2006, causado en parte por la reducción de las capturas. Frente a todos estos antecedentes, se califica al estatus de la anchoveta para el año 2018 centro norte en estado de plena explotación, proyectándose el mismo estado para el año 2019. Este estado fue corroborado por el Comité Científico que recomendó un rango de captura biológicamente aceptable de 60.786 a 75.982 toneladas de anchoveta, en su unidad de pesquería centro norte.

El IFOP realizó una evaluación de la unidad de pesquería centro sur, regiones de Valparaíso a Los Lagos, con datos actualizados hasta la primera mitad del año 2018 (Informe Técnico N°2, 2019, Op cit)). Con relación al estado del stock histórico, los únicos años con una condición saludable del stock fueron el 2004 y 2006.

Al año 2008, la biomasa cae a una condición de agotamiento o colapso que permanece hasta la actualidad. Sin embargo, el año 2018 presenta una leve mejoría en términos de biomasa desovante, asociada principalmente a altos reclutamientos registrados entre el 2016 y 2017, a un aumento en los pesos medios registrados desde el 2014 y a condiciones ambientales que favorecerían la sobrevivencia de la especie. En cuanto al reclutamiento, hasta el año 2012 manifestó una tendencia decreciente, a partir del 2013 se observa un incremento leve y durante los años 2017 y 2018 se encuentran los mayores valores dentro de los últimos 10 años, aunque con los mayores niveles de incertidumbre asociada. La trayectoria de la mortalidad por pesca ha presentado una tendencia a la baja, causada por la reducción de las capturas ante la baja en la biomasa de la anchoveta para la zona en estudio.

129 Aranís, A., A. Gómez, K. Walker, G. Muñoz, L. Caballero, G. Eisele, J. Cerna, et al. 2016. Informe Final. Convenio de Desempeño, 2015. Programa de Seguimiento de las Principales Pesquerías Pelágicas de la Zona Centro-Sur, V-XI Regiones, año 2015. Instituto de Fomento Pesquero, Subsecretaría de Economía y EMT/Junio 2016. 338 pp + Anexos.

130 Böhm M., C. Hernández, E. Díaz, G. Pérez & R. Ojeda. 2018. Boletín de difusión. Programa de seguimiento de las principales pesquerías de la zona norte de Chile, XV-IV Regiones, año 2017. Pelágicos norte, 2017 Subsecretaría de Economía y EMT, Septiembre 2018. IFOP

131 Comité Científico Técnico de Pequeños Pelágicos (CCT-PP). 2019. Informe Técnico N°2, Tercera sesión, 2 y 3 de mayo de 2019. Subsecretaría de Pesca y Acuicultura

Actualmente este parámetro se encuentra en un nivel acorde al rendimiento máximo sostenible, sin embargo, ante la situación de colapso existente, se ha recomendado aplicar un criterio precautorio, dado que corresponde a una pesquería mixta y por lo tanto más propensa a sobrepasar la cuota, y debido al rol ecosistémico que representa esta especie. (Zúñiga et al., 2018¹³²).

Considerando la información actualizada y el marco de referencia establecido, se establece que el recurso anchoveta asociado a las regiones desde Valparaíso a Los Lagos se mantiene en situación de agotamiento o colapso, con valores de biomasa desovante del año más reciente en torno a un 57% bajo el valor estimado al rendimiento máximo sostenible (Informe Técnico N°5/2018¹³³).

La cuota global anual de captura para el año 2019 fue establecida en 749.360 toneladas para las regiones de Arica y Parinacota, Tarapacá y Antofagasta, en 40.520 toneladas para las regiones de Atacama y Coquimbo y en 81.347 toneladas para las regiones de Valparaíso a Los Lagos (Subpesca, 2019 op. cit.)

El desembarque de anchoveta a nivel nacional ha presentado fluctuaciones con una clara tendencia a la disminución durante los años 1999 y 2016, aumentando levemente en los años 2017 y 2018 (Figura 6.24). El valor máximo de la serie analizada se presentó en 1999 con un estimado cercano a 2 millones de toneladas mientras que el menor valor corresponde al registro del 2016, con una cifra de 337.436 toneladas. La baja generalizada ha sido relacionada a las disminuciones en los reclutamientos anteriormente mencionadas, que habrían provocado una baja en la disponibilidad del recurso.

Para superar las problemáticas presentes en el análisis de la pesquería de anchoveta, expertos internacionales han planteado realizar una revisión de los puntos biológicos de referencia específicos para pesquerías pelágicas, esto en función de su naturaleza altamente cambiante. Se sugirió también incorporar los efectos que tiene la variabilidad ambiental en el reclutamiento al realizarse las evaluaciones del stock, señalándose que es posible optimizar el asesoramiento científico a través de un enfoque más preventivo, asumiendo que se ha producido un cambio en el reclutamiento.

Figura 6.24. Desembarque total nacional de anchoveta en toneladas, entre los años 1999 y 2018.



FUENTE: Anuarios Estadísticos, Sernapesca

Debido a la asociación existente entre la pesquería de anchoveta y la de sardina común, se requiere analizar variables ambientales y biológicas que podrían indicar un cambio de régimen de especies presentes en la zona centro-sur y su posible impacto en la determinación de puntos biológicos de referencia (Zúñiga et al. op. cit.).

En general, se estima que las capturas descartadas son menores al 10% en ambas flotas y que la flota industrial presentó una disminución del descarte entre los años 2015 y 2016. En tanto que la flota artesanal presentó un mayor porcentaje de descarte asociado a la Región de Valparaíso durante el año 2016. Una de las principales limitantes de la incorporación del descarte es que sólo se cuenta con dos años de información certera, sin embargo, no incluir esta información como fuente adicional de mortalidad por pesca podría afectar al estado del recurso. Aunque aún no se dispone de estudios formales de sub-reporte en la pesquería de sardina común y anchoveta centro-sur (a partir de información proveniente de SERNAPESCA), basada en la composición de capturas artesanales del año 2008, de todas formas se evidencia un alto nivel de sub-reporte, cercano al 90% de las capturas de ambos recursos. Al respecto, se está realizando un proyecto orientado a corregir las capturas totales históricas de esta pesquería. Una vez disponible esta información, se recomienda su inclusión dentro de la evaluación del stock, lo que permitirá reducir la incertidumbre respecto al nivel real de captura de ambos recursos (Zúñiga et al. op. cit.).

132 Zúñiga M., D. Bucarey, E. Leal, F. Espíndola & J. Quiroz. 2018. Informe Consolidado Convenio de Desempeño 2017 "Estatus y posibilidades de explotación biológica de los principales recursos pesqueros nacionales, año 2018 en anchoveta V-X regiones" Anchoveta V-X regiones, 2018. Subsecretaría de Economía y EMT/Julio 2018. 141 pp + Anexos.

133 Comité Científico Técnico de Pesquerías de Pequeños Pelágicos (CCT-PP). 2018. Informe Técnico N°5, Sexta sesión noviembre de 2018. Subsecretaría de Pesca y Acuicultura

Se destaca un incremento sincrónico en abundancia y biomasa para los tres stocks de anchoveta, señal de que alguna forzante ambiental estaría afectando positivamente este recurso de forma transversal, aunque el Comité Científico concuerda en que no es fácil explicar esta condición.

“SARDINA ESPAÑOLA”



Taxonomía:

Orden: Clupeiformes

Familia: Clupeidae

Especie: *Sardinops sagax* (Jenyns, 1842)

Distribución Geográfica:

La sardina española, se distribuye en casi toda la costa occidental de Sudamérica: desde el Golfo de Guayaquil, pasando por las Islas Galápagos en Ecuador y las costas de Perú y Chile. En el territorio nacional, se distribuye desde Arica (18°20' L.S.) hasta el sur de Chiloé (44°00' L.S (Serra & Tsukayama 1988¹³⁴)

Características biológicas y ecológicas:

Es una especie pelágica que forma grandes cardúmenes, asociada en ocasiones con los recursos caballa, jurel y bonito. A diferencia de la anchoveta, es un pez de mayor tamaño y de vida más larga, con una longevidad de 10 a 12 años y una talla de primera madurez sexual equivalente a 26 cm (Serra & Tsukayama, op. cit.). El periodo principal de actividad reproductiva ocurre entre junio y octubre, con un pulso secundario entre enero y marzo (Tascheri & Claramunt 1996¹³⁵).

Situación pesquera del recurso:

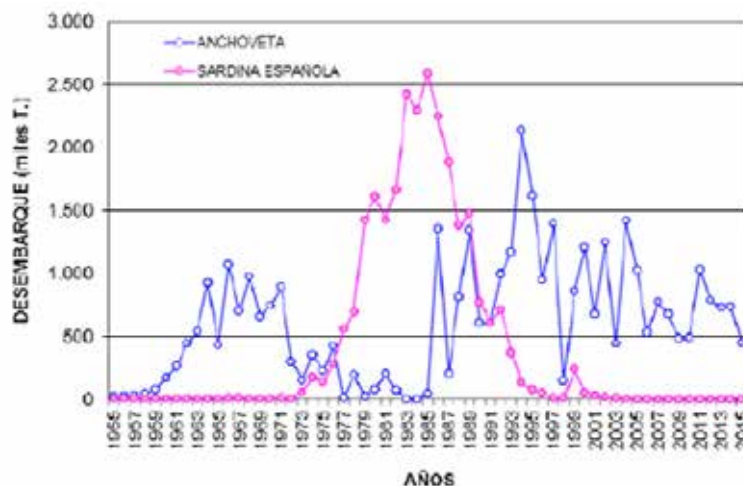
La pesquería del recurso sardina española se administra mediante el establecimiento de dos unidades de pesquería, una incluye las regiones de Arica y Parinacota y Antofagasta y otra unidad que abarca las regiones de Atacama y Coquimbo. Ambas se encuentran cerradas a nuevos operadores. Se ha establecido dentro de sus medidas de administración una talla mínima de extracción para todo el territorio nacional de 20 cm de longitud total (D.S. N°458/1981), con un margen de tolerancia de 30% de las capturas medidas en número (R. Ex. N°1633/1999). Cada unidad de pesquería cuenta con un plan de manejo en funcionamiento (Subpesca, 2019, op. cit.).

Esta pesquería cuenta con registros de capturas desde mediados de la década de los cincuenta, su abundancia se presenta asociada a la anchoveta, observándose una sucesión entre ambas especies.

El desarrollo de esta pesquería presenta altos niveles de desembarque a partir del año 1974, cifras que continúan aumentando durante los años siguientes, llegando a alcanzar un máximo histórico de 2,6 millones de toneladas en 1985 (Subpesca, 2016¹³⁶). Luego de esto, las capturas comienzan a declinar en forma progresiva, obteniéndose valores mínimos a partir del año 1994, situación que se ha mantenido hasta la actualidad (Figura 6.25).

-
- 134 Serra R. & I. Tsukayama. 1988. Sinopsis de datos biológicos y pesqueros de la sardina *Sardinops sagax* (Jenyns, 1842) en el Pacífico Suroriental. FAO Sinopsis sobre la pesca N° 13.
- 135 Tascheri R. & G. Claramunt. 1996. Aproximación a los cambios intra- anuales en el contenido de energía del ovario de sardina (*Sardinops sagax* Jenyns, 1842) en el norte de Chile. Invest. Mar., Valparaíso, 24: 51-66.
- 136 División de Administración Pesquera, Departamento de análisis Sectorial. Subsecretaría de Pesca y Acuicultura. 2016. Antecedentes e información respecto de los recursos anchoveta y sardina española y su pesquería entre la XV, I y II Regiones. Documento de referencia y consulta, Mayo 2016.
-

Figura 6.25. Desembarques anuales de anchoveta y sardina española, años 1955 - 2015.



FUENTE: Sernapesca en Subpesca 2016

Respecto al estado actual del recurso, el Comité Científico de Pesquerías de pequeños pelágicos no cuenta con los antecedentes necesarios para poder estimar un marco biológico de referencia, debido a la condición actual de la sardina española. Por lo tanto, se establece un estado de agotamiento o colapso, definido tras considerar los mínimos niveles de captura obtenidos durante los últimos diez años, que difieren en gran medida respecto de los valores históricos obtenidos en el desarrollo de esta pesquería. Dentro de las causas del estado actual del recurso se ha considerado la influencia de condiciones ambientales, físicas y biológicas que no habrían sido favorables para su desarrollo. Esta caracterización del stock ha sido definida para ambas unidades de pesquería (Subpesca, 2019, op. cit.).

Debido a que no es posible estimar valores de captura en relación al rendimiento máximo sostenido, el comité científico a cargo asumió un enfoque precautorio en el establecimiento de la cuota global anual de captura para cada unidad de pesquería, año 2019. Para las regiones de Arica Parinacota y Antofagasta, recomendándose un rango de referencia entre 5.000 y 4.000 toneladas y una cuota global de captura de un total de 5.000 toneladas.

Este monto se distribuye en 3.515 toneladas para el sector artesanal y 1.485 toneladas para el sector industrial (Subpesca, 2019, op. cit.). Para la unidad de pesquería de las regiones de Atacama y Coquimbo el rango de referencia se estableció entre 1.400 y 1.750 toneladas, la cuota global anual de captura fue de 1.750 toneladas, con un fraccionamiento de un 50% por tipo de flota. En el caso del sector artesanal el monto se subdivide en 438 toneladas de fauna acompañante y 437 toneladas como cuota objetivo (D. Ex. N°533/2018¹³⁷).

La evolución de los desembarques de este recurso da cuenta del estado ya descrito, con valores mínimos de extracción que se presentan en la Figura 6.26, en la cual se puede observar que en varios años los montos extractivos no alcanzan a superar las 100 toneladas. La presencia de esta especie ha sido catalogada como prácticamente nula en los registros de los últimos años, sin embargo, se observan capturas incipientes el 2017 (513 toneladas) y un valor preliminar de 1.672 toneladas el 2018, con los mayores aportes relacionados a los puertos de Iquique y Mejillones (Böhm et al., 2018 op. cit.)

137 Subsecretaría de Pesca y Acuicultura. Cuotas Unidades de Pesquería de Pelágicos Pequeños, Regiones Atacama – Coquimbo/Valparaíso - Los Lagos 2019. Decreto Exento N°533 Diciembre 2018

Figura 6.26. Desembarque total nacional de sardina española en toneladas, entre los años 1999 y 2018



FUENTE: Anuarios Estadísticos, Sernapesca

Aunque se registra una cifra de desembarque máximo del orden de las 240.000 toneladas para el año 1999, la comparación con los registros históricos de la pesquería lo sitúan como un valor ya disminuido. Esta cifra sería concordante con los estudios realizados en la época, que señalaban una situación atribuible a la sobrepesca ocurrida durante los años ochenta, calificando al stock de sardina española con abundancia disminuida tanto en ambas unidades de la pesquería nacional, así como en Perú (Universidad de Chile, 2000¹³⁸, Informe Técnico N°75, Subpesca¹³⁹).

El estado de agotamiento presente en esta pesquería ha sido relacionado con las condiciones ambientales, dada la influencia que tienen sobre los recursos pelágicos en general. Esto en relación al proceso de desarrollo larval que presenta gran sensibilidad a diversos factores del entorno, como lo puede ser el cambio de condiciones provocado por la manifestación de eventos ENOS. Sin embargo, se debe mencionar que la mortalidad por pesca durante el desarrollo de esta pesquería fue determinante en el deterioro de las poblaciones de sardina española al sur de Perú y en las unidades de pesquería nacionales. Por lo tanto, la importancia enfatizada por las autoridades respecto del manejo pesquero y la toma de decisiones adecuadas, es un factor fundamental, considerando los diversos sectores que se ven afectados con esta merma, que involucra implicancias económicas, sociales y ecológicas. Respecto a estas últimas, están las alteraciones en la biodiversidad provocadas por la extracción antrópica.

“SARDINA COMÚN”



Taxonomía:

Orden: Cupleiformes

Familia: Cupleidae

Especie: *Strangomera bentinkii* (Norman, 1936)

Distribución Geográfica:

La sardina común es un pez de distribución costera, desde Coquimbo (30°30'LS) hasta Chiloé, (43°00'LS); se desplaza hasta 30 mn de la costa, y batimétricamente se ubica desde los 0 a los 70 metros de profundidad (Cañón 1985¹⁴⁰; Aranís 1989¹⁴¹).

Características biológicas y ecológicas:

Este pequeño pelágico se caracteriza por presentar un ciclo de vida corto, con tres a cuatro años de longevidad, un crecimiento rápido, tasa de mortalidad natural elevada, y por formar densos cardúmenes. Parte de estos rasgos lo constituye en un recurso pesquero fuertemente influenciado por diversos factores ambientales en todas las etapas de su ciclo vital (Cubillos & Arancibia 1993¹⁴²; Cubillos & Arcos 2002¹⁴³).

- 138 Universidad de Chile. 2000. Informe País: Estado del Medio Ambiente en Chile – 1999. Recuperado de: www.uchile.cl/.../descargar-informe-en-pdf-10-mb_64137_0_3917.pdf
- 139 Informe Técnico N°75/2000 Subpesca. 2000.. Cuota global de captura para las pesquerías de los recursos anchoveta y sardina española, en la unidad de pesquería III-IV regiones, año 2001. Recuperado de: www.subpesca.cl/institucional/602/articles-72339_documento.doc
- 140 Cañón, J.R. 1985. La variabilidad ambiental en la zona norte de Chile y su influencia en la pesquería pelágica durante El Niño 1982-83. Invest. Pesq. (Chile) 32: 119-128.
- 141 Aranís, A. 1989. La Pesquería de la Zona Norte de Chile. En: El Norte Grande, III Jornadas Territoriales. Editorial Universitaria, Santiago: 145 – 155.
- 142 Cubillos L & H Arancibia. 1993. On the seasonal growth of common sardine (*Strangomera bentinkii*) and anchovy (*Engraulis ringens*) off Talcahuano, Chile. Rev Biol Mar (Valparaíso) 28, 43-49.
- 143 Cubillos L & D Arcos. 2002. Recruitment of common sardine (*Strangomera bentinkii*) and anchovy (*Engraulis ringens*) in the 1990s, and impact of the 1997-98 El Niño. Aquatic Living Resources 15, 87-94.

Situación pesquera del recurso:

La pesquería de sardina común se desarrolla en forma conjunta con la extracción de la anchoveta, alternándose la operatividad entre ambas especies de acuerdo a los pulsos de reclutamiento que se suceden dentro del año. Esta pesquería presenta gran sensibilidad al estar orientada a un recurso pelágico, lo que hace que su sustentabilidad se vea comprometida al éxito del proceso de reclutamiento, que puede verse fácilmente afectado por las alteraciones del medio. El análisis del estado de este recurso se realiza anualmente y se ha comenzado a aplicar una escala temporal más fina durante los últimos estudios. El uso de los datos obtenidos se trabaja a través de la modelación estadística que recoge información proveniente de los desembarques, de los cruceros de evaluación hidroacústica y sus antecedentes biológicos (Zúñiga y Canales, 2015¹⁴⁴).

Esta pesquería se desarrolla entre las regiones de Valparaíso y Los Lagos. Respecto a sus medidas administrativas, presenta el acceso cerrado a nuevos operadores para ambos sectores, industrial y artesanal. Complementariamente, se han establecido a lo largo de su desarrollo vedas reproductivas y de reclutamiento, cuya duración ha sido definida por zona geográfica (Aranis et al., 2016¹⁴⁵).

Se realizó un estudio para evaluar niveles de captura incidental y descarte por flota, considerando datos del año 2017 y comparando resultados según autoreporte y mediante el registro de observadores científicos. Los resultados muestran un 1,04% y un 2,16% de captura descartada de sardina común según autoreporte y datos del observador respectivamente, a partir de lo cual se concluye que, si bien los porcentajes no son tan altos, se debe tomar en cuenta que se trata de capturas de altos volúmenes y que el comportamiento de los usuarios pudo verse alterado debido a la presencia de los observadores científicos (Informe Técnico N°5/2018 op. cit.).

Para definir un estatus y las posibilidades de explotación del recurso al año 2019, se presentaron resultados que resumen fluctuaciones importantes en el reclutamiento, compuestas de cohortes relevantes asociadas a los períodos estudiados entre los años 2005 al 2008 y 2011 al 2014. En tanto que los años biológicos, definidos por la estacionalidad reproductiva de esta especie, 2012-13 y 2015-16 presentaron fallas importantes. Al respecto, el estimado de reclutamiento más reciente resultó ser un 8% mayor que el promedio histórico y un 34% menor al promedio de los últimos 10 años. La biomasa total ha presentado alta variabilidad, derivada de las fluctuaciones del reclutamiento, con una tendencia a incrementar a partir del año 2007-08. La estimación año 2017-18 fue un 3% menor al año anterior y un 7% menor al promedio de la última década. La biomasa desovante ha disminuido constantemente, siendo un 5% menor la estimación del año biológico 2017-18 respecto al año anterior, y bajo el punto de referencia del rendimiento máximo sostenible (RMS).

La mortalidad por pesca ha seguido una tendencia al descenso que se acentúa a partir del 2013-14, encontrándose bajo el valor de referencia al RMS. En consecuencia, el recurso se clasifica en un estado de Plena Explotación para 2018 (Informe Técnico N°5/2018 op. cit.).

La estimación de la captura biológicamente aceptable se realizó según lo indicado para el manejo de pesquerías de pequeños pelágicos, considerándose un escenario de reclutamiento histórico promedio, con un nivel de riesgo de un 30% de no alcanzar el objetivo de conservación y un descarte estimado de un 2%. Conforme a la información actualizada de la evaluación de stock y al marco de referencia establecido, se estableció un rango de captura biológicamente aceptable de 219.525 y 274.406 toneladas, para el año 2019 (Informe Técnico N°5/2018 op. cit.) y una cuota global anual de captura de 274.406 toneladas, fraccionada en 180 toneladas de reserva de investigación, 2.744 toneladas de cuota de imprevistos y 2.744 toneladas como cuota de consumo humano. El remanente se divide en 209.616 toneladas correspondientes al sector artesanal y 59.1122 toneladas al industrial (D. Ex. N°533/2018 op. cit.).

La variabilidad presente al inicio de la serie de estimados de desembarque de sardina común se ha relacionado con factores medioambientales, como la presencia del evento climático-oceanográfico ENOS, que favoreció una gran presencia de jurel juvenil en zonas más bien costeras (Figura 6.27). Esto habría repercutido en las cifras oficiales de desembarque, con relación a los altos valores registrados en los años 1999 y 2000, generándose un registro alterado. Aquellos valores han sido corregidos, estimándose los niveles de sub-reportes de jurel, con lo cual se indica que del total de desembarque informado menos del 27% habría correspondido efectivamente a sardina común en los años señalados (Zúñiga et al., 2018¹⁴⁶).

144 Zúñiga, M. Y C. Canales. 2015. Informe de Estatus y Cuota. Convenio de Desempeño 2014. Estatus y posibilidades de explotación biológicamente sustentables de los principales recursos pesqueros nacionales al año 2015 en sardina común V-X regiones: Sardina común V-X Regiones 2015. Instituto de Fomento Pesquero, Subsecretaría de Economía y EMT/septiembre 2014. 87 pp + Anexos.

145 Aranis, A., A. Gómez, K. Walker, G. Muñoz, L. Caballero, G. Eisele, J. Cerna, et al. 2016. Informe Final. Convenio de Desempeño, 2015. Programa de Seguimiento de las Principales Pesquerías Pelágicas de la Zona Centro-Sur, V-XI Regiones, año 2015. Instituto de Fomento Pesquero, Subsecretaría de Economía y EMT/Junio 2016. 338 pp + Anexos.

146 Zúñiga M., D. Bucarey, E. Leal F. Espíndola & J. Quiroz. 2018. Informe Consolidado. Convenio de Desempeño 2017. "Estatus y posibilidades de explotación biológicamente sustentables de los principales recursos pesqueros nacionales, año 2018 en sardina común V-X regiones" Sardina común V-X regiones, 2018. Instituto de Fomento Pesquero, Subsecretaría de Economía y EMT/ Julio 2018. 148 pp + Anexos.

Figura 6.27. Desembarque total nacional de sardina común en toneladas, entre los años 1999 y 2018.



FUENTE: Anuarios Estadísticos, Sernapesca

Los valores disminuidos que se aprecian en los años siguientes se han asociado al ordenamiento de la pesquería del año 2000, que introdujo como medida de administración el Límite Máximo de Captura por Armador. A partir del año 2005 se da inicio a una condición favorable para la sardina común, ingresando a un proceso de expansión poblacional, lo que permitió el establecimiento de cuotas más altas, generándose niveles de desembarque del orden de las 700 mil toneladas hasta el año 2012. Las cifras de desembarque entre el período 2008–2012 se ha relacionado al aumento en la flota “lanchera” y a la extracción de juveniles y reclutas, que disminuyen su abundancia en la zona centro-sur en el año 2013, lo que genera una gran disminución del desembarque durante ese año (Zúñiga y Canales, 2015, op. cit.). Los últimos dos años se han obtenido desembarques cercanos a las 350 mil toneladas.

El desembarque de sardina común presenta un comportamiento estacional, obteniéndose la mayor parte de las capturas durante el primer semestre de cada año. Esta estacionalidad se ve influenciada por el reclutamiento, lo que incide en aumentos de abundancia y disponibilidad del recurso, con agregaciones de alta densidad en zonas costeras. Producto de esto, la pesquería se ha sustentado mayoritariamente por ejemplares juveniles y reclutas.

El trabajo realizado para analizar la pesquería de anchoveta y sardina común incluye la realización de diferentes talleres e instancias que permiten a los expertos evaluar las metodologías aplicadas en la pesquería. Al respecto el comité científico a cargo evaluó la aplicación de una metodología de análisis de riesgo, concluyendo que se debe continuar el trabajo de la búsqueda de opciones que permitan fortalecer la decisión del nivel de riesgo de la captura biológicamente aceptable. También hubo un pronunciamiento respecto a la inclusión de los datos de desembarque provenientes de la flota artesanal de la Región de Los Lagos y su consideración como parte de la unidad poblacional centro-sur, recomendándose incorporar un estudio de unidades poblacionales de anchoveta y sardina común en aguas interiores y continuar trabajando los datos de aguas interiores bajo el enfoque de un solo stock. Como ha sido mencionado para otras pesquerías, se ha planteado la necesidad de fortalecer el vínculo entre el Comité Científico Técnico y el Comité de Manejo (Acta N°4/2018¹⁴⁷).

Se revisaron aspectos de diseño, implementación y análisis de las evaluaciones hidroacústicas de sardina común y anchoveta efectuadas en la zona centro sur, incluyendo informes correspondientes a la serie de años 2014–2017, con el objetivo de generar recomendaciones orientadas a mejorar la calidad y confiabilidad de la información disponible al analizar la pesquería. Entre las recomendaciones que se sugieren a corto plazo se incluyen: incrementar los detalles metodológicos y datos de entrada de los procedimientos de estimación, con el fin de asegurar la reproducibilidad y trazabilidad de las estimaciones por investigadores no involucrados en forma directa al proyecto en cuestión.

Se requiere mejorar el proceso de identificación de ecorregiones y obtener un mayor rendimiento de los análisis generados por buques de investigación, con la inclusión de abundancia del macrozooplankton, que compone la principal fuente de alimento de ambas especies, y también incorporar una medición acústica del límite superior de la Zona Mínima de Oxígeno, con el fin de estimar los límites del hábitat epipelágico (IFOP, 2018¹⁴⁸).

147 Comité Científico Técnico de Pesquerías de Pequeños Pelágicos (CCT-PP). 2018. Acta de Reunión 04/2018, agosto de 2018. Subsecretaría de Pesca y Acuicultura.

148 IFOP. 2018. Informe Final. Convenio de Desempeño 2017. Revisión de pares de las evaluaciones acústicas de anchoveta y sardina común entre las regiones de Valparaíso y Los Lagos. Subsecretaría de Economía y EMT: Diciembre 2018. 36 pp + Anexos.

“JUREL”**Taxonomía:**

Orden: Perciformes

Familia: Carangidae

Especie: *Trachurus murphyi* (Nichols, 1920)

Distribución Geográfica:

El jurel presenta una amplia distribución geográfica en el Pacífico Sur Oriental, desde el Sur de Ecuador hasta el extremo sur de Chile. Además, cruza el Pacífico a lo largo de la corriente de deriva del Oeste hasta Nueva Zelandia y Tasmania (Serra, 1991¹⁴⁹). Habría dos unidades de stock en el Pacífico Sur Oriental. Una ubicada entre el sur de Ecuador y la zona central del Perú y la otra preferentemente frente a Chile.

Características biológicas y ecológicas:

En las costas de Chile el jurel inicia su migración reproductiva en el mes de agosto desde la zona nerítica hacia sectores oceánicos, para desovar en los meses de noviembre y diciembre, produciéndose este proceso en una amplia zona del Pacífico desde la costa, superando las 1000 millas náuticas de recorrido (Serra 1991). Por medio de la migración, el jurel tiene acceso a ambientes neríticos y oceánicos para alimentarse en el norte de Chile (Medina y Arancibia 1992¹⁵⁰).

Situación pesquera del recurso:

Esta pesquería comienza a desarrollarse de forma comercial en la zona norte del país a mediados de la década de los años setenta con importantes niveles de desembarque.

Desde 1985 las capturas continúan en aumento, pero asociadas a extracciones de la zona centro-sur, a causa de una mayor disponibilidad del recurso en esa zona. La flota internacional también presenta capturas de alta importancia frente a costas chilenas, promediando 800 mil toneladas anuales en el período 1978-1991. Sin embargo, desde el inicio de la pesquería, el 75% de la captura mundial ha correspondido a la extracción realizada por buques chilenos, que han operado principalmente dentro de la zona económica exclusiva. El desembarque nacional alcanza un máximo histórico en 1995 con 4,5 millones de toneladas, a partir de este momento los valores disminuyen progresivamente tras la aplicación de medidas administrativas generadas para enfrentar la sobrepesca del recurso (Informe Técnico N° 129/2011¹⁵¹, Subpesca, 2017¹⁵²).

La pesquería de jurel se desarrolla entre las regiones XV y X, dentro y fuera de la Zona Económica Exclusiva. Se encuentra declarada en estado y régimen de plena explotación para las unidades de pesquería de la XV-II, III-IV, V-IX, XIV-X regiones. Tiene el acceso cerrado a nuevos operadores y presenta una talla mínima de extracción legal para el territorio nacional de 26 cm de longitud de horquilla, con un porcentaje de tolerancia que no debe superar un 35%, medido en número de cada desembarque o de existencia en planta de elaboración o medios de transporte (Subpesca, 2019 op. cit.).

El plan de manejo que regula esta pesquería se desarrolla en forma participativa entre los representantes del sector pesquero privado, artesanal y de plantas de proceso, en conjunto con representantes del sector pesquero institucional. El enfoque de manejo utilizado es precautorio y sus disposiciones son obligatorias, de acuerdo a lo establecido en la Ley General de Pesca y Acuicultura (LGPA). Su aplicación considera información proveniente del monitoreo de las pesquerías, de evaluaciones directas del stock, que son realizadas en forma independiente a la flota, y de la evaluación del stock. Al tratarse de una especie transzonal, presente en todo el Pacífico Sur, esta pesquería se administra en forma conjunta con otros países en el marco de la Organización Regional de Pesca SPRFMO, por sus siglas en inglés, instancia gubernamental cuyo objetivo es alcanzar la conservación a largo plazo y el uso sustentable de los recursos del Océano Pacífico Sur. La incorporación voluntaria, por parte de Chile de su zona económica exclusiva (ZEE) al área de la Convención ha incidido en la conservación y recuperación del recurso. Es así que la cuota de captura anual establecida por la Comisión, es aplicable directamente a la asignación nacional de cuota de jurel, la que puede ser extraída tanto dentro como fuera de la ZEE (Subpesca, 2017 op. cit.).

149 Serra, R. 1991. Long - term variability of the Chilean sardine. In: Proceedings of the International Symposium on the Long - Term Variability of Pelagic Fish Populations and their Environment. T. Kawasaki, S. Tanaka, Y. Toba and A. Taniguchi (eds.) New York: Pergamon Press. pp 165 - 172.

150 Medina, M. y H. Arancibia. 1992. Interacciones tróficas entre el jurel (*Trachurus murphyi*) y la caballa (*Scomber japonicus*) en el ecosistema pelágico de la zona norte de Chile. Invest. Cient. Tecnol., Ser. Cienc. Mar, 2: 67-78.

151 Informe Técnico N° 129/2011, Subsecretaría de Pesca (Subpesca). 2011. Cuota Global Anual de Captura de jurel para las unidades de pesquería de la XV-II, III-IV, V-IX y XV-X regiones, año 2012. Subsecretaría de Pesca y Acuicultura, Valparaíso, 74 pp.

152 Subpesca. 2017. Plan de Manejo para la pesquería de Jurel XV a X Regiones. http://www.subpesca.cl/portal/615/articles-99235_documento.pdf

La evaluación del stock se realiza considerando como un único stock transzonal al jurel que es capturado frente a las costas de Perú y de Chile. Al año 2018, se reporta una tendencia sostenida al incremento del reclutamiento y de la biomasa desovante desde el año 2010, concluyéndose que el nivel de biomasa alcanzado durante el año 2017, se posiciona en torno al nivel que da el rendimiento máximo sostenible con proyecciones de crecimiento para el año 2018. El cambio positivo observado en la biomasa ha sido relacionado a la reducción de la mortalidad por pesca, que habría disminuido desde el año 2011, y a la presencia de clases anuales fuertes en los años 2015 y 2016.

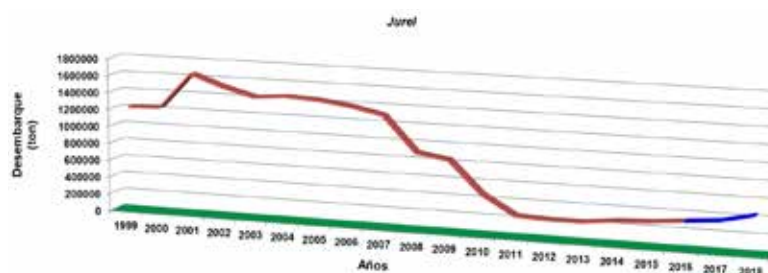
Considerando lo anterior, el jurel habría alcanzado niveles de recuperación que lo posicionaban en un estado de plena explotación sin sobrepesca durante el año 2017 (Subpesca, 2017 op. cit.).

La evaluación correspondiente al año 2018 del stock de jurel, se realizó considerando un planteamiento precautorio con base en la incertidumbre asociada a los reclutamientos recientes y en la temática de crecimiento del jurel. A partir de esto, el Comité Científico de la SPRFMO clasificó al estado del recurso como sobrexplotado y sin sobrepesca, con niveles de biomasa desovante por debajo del rango que permite el máximo rendimiento sostenible (Informe Técnico N°304/2018¹⁵³).

El establecimiento de la cuota de captura del jurel, se determina en forma total para la zona Pacífico Sur y se distribuye entre los países miembros de la SPRFMO. Para Chile se asignó durante el período 2018-2021, el 64,5638% de la cuota global de jurel del Pacífico Sur. La cuota global anual de captura para el año 2019 se fijó en 381.572 toneladas (t). Este monto se fracciona en 200 toneladas para cuota de investigación, 3.815 t para imprevistos, 3.815 t para consumo humano y 153 t de cuota artesanal línea de mano. Esto deja como cuota objetivo 373.589 t, que se distribuyen en 34.557 t para el sector artesanal y 339.032 t para el sector industrial (Informe Técnico N°304/2018).

En la Figura 6.28 se observa que entre los años 2001 y 2007 se mantuvo una estabilidad en las cifras de desembarque, producto de las cuotas fijadas por la autoridad chilena. A partir del año 2008, los valores de captura disminuyen en forma constante, apreciándose dos bajas bruscas en los años 2008 y 2010, en los que se observa una disminución cercana a un 50% respecto al valor obtenido en el año anterior. Desde el año 2011 hasta el 2015 los valores presentan estabilidad en torno a las 250.000 toneladas.

Figura 6.28. Desembarque total de jurel en toneladas, entre los años 1999 y 2018.



FUENTE: Anuarios Estadísticos, Sernapesca

En los últimos 3 años las capturas han aumentado en forma leve, dada la condición de buenos reclutamientos de los últimos años y una disminución del esfuerzo de pesca principalmente de la flota de alta mar (Informe Técnico N°304/2018 op. cit.).

Al año 2000 este recurso se encontraba en una severa crisis producto de las altas tasas de explotación aplicadas inadecuadamente, ya que estas habrían correspondido al manejo pesquero de pequeños pelágicos. Esto causó que su población estuviera compuesta principalmente por juveniles bajo la talla de captura (Informe País, 2000¹⁵⁴). El estado del jurel del Pacífico Sur manifiesta un importante nivel de deterioro a partir del año 2004. La dificultad operacional provocada por el desplazamiento del recurso, se reflejó en bajos rendimientos de pesca, situación que fue progresiva hasta el año 2011. Sin embargo, los resultados que resumen información al año 2018, dan cuenta de un mejoramiento en las condiciones del jurel, con relación a un fuerte aumento de ejemplares juveniles que se ha observado desde el año 2015. Este escenario es consistente con las evaluaciones realizadas dentro del marco del Comité Científico de la SPRFMO en cuanto al reporte del aumento de los estimados poblacionales, basados en mejores tasas de captura y clases anuales exitosas (Córdoba et al., 2019¹⁵⁵).

153 Subsecretaría de Pesca y Acuicultura. 2018. Informe Técnico (R.Pesq.) N°304-2018. Cuota Global Anual de Captura de Jurel para las unidades de pesquería de las regiones de Arica-Parinacota y Antofagasta, Atacama y Coquimbo, Valparaíso y La Araucanía, y De Los Ríos y de Los Lagos, año 2019.

154 Universidad de Chile. 2000. Informe País: Estado del Medio Ambiente en Chile - 1999. Recuperado de: www.uchile.cl/.../descargar-informe-en-pdf-10-mb_64137_0_3917.pdf

155 Córdoba M., V. Castañi, B. Leiva, C. Valero, L. Muñoz, C. Grendi, A. Bustamante, U. Cifuentes, J. Córdoba, F. Osorio, J. Angulo, M. Medina, M. Alborno y B. Leiva. 2019. Informe Final. Convenio de Desempeño 2018. Evaluación hidroacústica de jurel entre la XV y V Regiones, año 2018. Subsecretaría de Economía y EMT / Enero 2019. 115 pp. + Figuras y Anexos

Por otra parte, la biomasa estimada para el año 2018 presentó una disminución en relación a los estimados de los años 2017 y 2016. Esto, sumado al cambio observado en el estado del recurso, que pasó a una clasificación de sobreexplotado durante el año 2018, son factores que no deben ser pasados por alto frente a la obligatoriedad de considerar el principio precautorio indicado por la LGPA y que ratifican la importancia de continuar con la realización de estudios orientados a permitir la toma oportuna de decisiones de administración y manejo.

Parte de la evaluación e investigación realizada para gestionar esta pesquería involucra el desarrollo de un “Plan de Reducción del Descarte”, orientado a recopilar información del descarte de la pesquería con la finalidad de considerar sus estimaciones en la cuota de jurel. Y una reserva de 200 toneladas destinadas a la realización de proyectos de investigación durante el año 2019, correspondientes a evaluaciones hidroacústicas para la zona Arica y Parinacota hasta Valparaíso y para la zona centro-sur (Subpesca 2017 op. cit., Informe Técnico N°304/2018 op. cit.).

Además, se ha planteado la necesidad de explorar patrones de desplazamiento de eufáusidos, tras observarse una fuerte relación entre su abundancia y la actividad predatoria del jurel. Esto como parte de una caracterización de su hábitat de preferencia, para lo cual también se requeriría la implementación de un muestreo bio-oceanográfico de sectores con presencia de jurel, de modo tal que ambas fuentes permitan complementar los indicadores ya existentes (Córdoba et al., 2019 op. cit.).

“PEZ ESPADA”



Taxonomía:

Orden: Perciformes

Familia: Xiphiidae

Especie: *Xiphias gladius* (Linnaeus, 1758)

Distribución Geográfica:

El pez espada *Xiphias gladius* es una especie epipelágica y mesopelágica, que se distribuye geográficamente entre los 45°N a los 45°S, por tanto está presente en todos los mares tropicales, subtropicales y templados, tolerando un amplio rango de temperaturas > 18°C y < 30°C (Palko et al. 1981). Su abundancia y distribución están asociadas más bien con aguas superficiales, aunque en ocasiones puede descender hasta 1000 m de profundidad (Takahashi et al. 2003).

Características biológicas y ecológicas:

El pez espada es un importante predador y su alimentación está compuesta principalmente de cefalópodos, peces y crustáceos, en donde los cefalópodos registran un mayor porcentaje de la dieta (castillo et al, 2007). *X. gladius* tiene capacidad de recorrer largas distancias, ya que es una especie de gran tamaño (>500 kg).

La reproducción del pez espada presenta diferencias de temporalidad, dependiendo del área oceanográfica en que se encuentre, como lo señala Nakamura (1985). Este autor afirma que el desove del pez espada o albacora ocurre de marzo a julio en el Pacífico central, de septiembre a diciembre en el Pacífico suroeste y durante todo el año en el Pacífico ecuatorial.

Situación pesquera del recurso:

La pesquería del recurso pez espada cuenta con registros desde 1943, presenta un desarrollo incipiente hasta 1985 caracterizado por operación de la flota artesanal y registros de desembarques menores a 600 toneladas.¹⁵⁶

¹⁵⁶ Takahashi M, H Okamura, K Yokawa & M Okazaki. 2003. Swimming behaviour and migration of a swordfish recorded by an archival tag. *Marine and Freshwater Research* 54(4): 527–534.

Palko BJ, GL Beardsley & WJ Richards. 1981. Synopsis of the biology of the swordfish, *Xiphias gladius* Linnaeus. *FAO Fishery Synopsis* 127: 1-21.

Castillo K.; C. Ibáñez; C. González & J. Chong. 2007. Dieta del pez espada *Xiphias gladius* Linnaeus, 1758 en distintas zonas de pesca frente a Chile central durante el otoño de 2004. *Revista de Biología Marina y Oceanografía* 42(2): 149-156.

Nakamura, L. 1985. *Fao species catalogue. Billfishes of the world. An annotated and illustrated. Catalogue of marlins, sailfishes, spearfishes and swordfishes known to date.* *FAO. Fish. Synop.*, 5(125), 65 pp.

A partir de 1985 la flota aumenta, se moderniza y la actividad pesquera se incrementa bruscamente a causa de la demanda del mercado internacional. En 1991 se da inicio a la captura con palangre y desde entonces, se han implementado varias modificaciones orientadas a optimizar los aparejos de pesca y la funcionalidad de la flota (Figura 6.29) (Ponce, 2014¹⁵⁷).

Figura 6.29. Desembarque de pez espada capturado por la flota industrial y artesanal. Período 1961 - 2017.



FUENTE: Sernapesca en González et al., 2018

El pez espada se extrae como recurso objetivo por las flotas palangrera y redera, y es extraído como fauna acompañante en operaciones de la flota espinelera. Desde el año 2001, el programa de seguimiento de recursos migratorios ha recopilado datos biológicos y pesqueros de las flotas palangrera, redera artesanal y redera espinelera, obteniéndose un análisis de la evolución que presentan indicadores tales como: captura, rendimiento, esfuerzo y la estructura de tallas, entre otros.

Tanto la flota redera como la espinelera, presentan regulaciones en sus artes y aparejos de pesca desde 1990 (D.S. N°293), operan principalmente fuera de la ZEE, donde también actúa la flota extranjera, que desde el año 2010 cuenta con autorización para recalar en puertos nacionales (D.S. N°329) (Barría et al., 2018¹⁵⁸).

Debido a que la pesquería de recursos altamente migratorios se desarrolla en régimen de plena explotación, con restricciones al acceso, debe ser monitoreada constantemente para tener bajo control la actividad ilegal de pesca no declarada y no reportada. Al respecto, se cuenta con una amplia cobertura a nivel nacional de personal que monitorea los principales puertos de desembarque y con observadores científicos a bordo de las cuatro flotas que operan sobre estos recursos. Esto permite obtener indicadores pesqueros que son utilizados para elaborar un diagnóstico y asesorar el manejo de la pesquería. Parte importante de este manejo, es que se trabaja en la difusión de los resultados con los usuarios de la pesquería, lo que permite tener una instancia de interacción con pescadores artesanales e industriales. El diagnóstico del recurso pez espada se realiza considerando: la información independiente de evaluación de stock del Océano Pacífico Sur Oriental, índices de captura por unidad de esfuerzo (CPUE) y estructura de la captura (González et al., 2018¹⁵⁹).

El análisis de la pesquería del año 2017, presentó una disminución en el desembarque del recurso pez espada respecto del año anterior en un 11,3%. En cuanto a la estructura de tallas, se observó, como en años anteriores, la extracción de ejemplares bajo la talla de madurez en todas las flotas que operan sobre el recurso, aumentando el porcentaje de extracción respecto al año pasado. El mayor aporte de ejemplares inmaduros correspondió a la operación de la flota palangrera industrial, representando el 71,5% de las capturas totales de esta flota. La evaluación del stock registró una tendencia positiva, con niveles de abundancia que no muestran síntomas de sobrexplotación y capturas sustentadas en un 63% por ejemplares adultos, con un indicador de CPUE de la flota redera chilena que se mantuvo estable en los últimos años (González et al., 2018).

157 Ponce, F. 2014. Estado de la pesquería del pez espada en el área de pesca frente a Chile. Inf. Téc. (R.Pesq.) N° 227-2014, Subsecretaría de Pesca y Acuicultura, Valparaíso, 28 pp.

158 Barría P., A. González, P. Zárate, D. Devia, S. Mora & H. Miranda. 2018. Boletín de difusión. Seguimiento de pesquerías recursos altamente migratorios, 2017. Aspectos biológico – pesqueros. Subsecretaría de Economía y EMT, Noviembre 2018. IFOP

159 González A., D. Devia, S. Mora, H. Miranda, A. Barraza, F. Cerna, L. Cid, J. Ortega, M. González, F. Sepúlveda, V. Faúndez, P. Prieto, P. Zárate & P. Barría. 2018. Informe Final. Convenio de desempeño 2017. Seguimiento Pesquerías Recursos Altamente Migratorios. Aspectos biológico pesqueros, 2017. Subsecretaría de Economía y EMT, Noviembre 2018. IFOP 331 pp. + Anexos

En cuanto a la diversidad genética de la especie, los muestreos realizados en la costa de Chile muestran una disminución respecto del año 2016 en la diversidad y considerando marcadores mitocondriales se presume de la existencia de una sola población presente en las costas nacionales, la que se encontraría en proceso de expansión. Pese a la presión extractiva ejercida, no se han observado cambios en la estructura poblacional relacionados con la distribución de tallas y edades de este recurso, manteniéndose el ingreso de juveniles de forma constante. (González et al., 2018).

Por otra parte, se desarrolla como parte del estudio de la pesquería de recursos migratorios, un análisis con enfoque ecosistémico (SRAM ECO), cuya base científica se centra en los niveles de organización biológica, abarcando procesos, funciones e interacciones esenciales entre los organismos y su ambiente. Este estudio, representa un avance en el proceso de transición desde un enfoque convencional del análisis de las pesquerías hacia uno orientado a cumplir con los requerimientos de conservación y ordenamiento integral.

A partir de su desarrollo se ha mejorado el conocimiento de las relaciones tróficas y de conectividad de las especies presentes en el ecosistema pelágico (Zárate et al., 2018¹⁶⁰).

Dentro del marco de este enfoque, se ha desarrollado un programa de marcaje de pez espada con la finalidad de incrementar el conocimiento de los patrones de desplazamiento y la conectividad que presenta en su distribución en el Océano Pacífico desde el año 2005 (Barría et al., 2016¹⁶¹). Durante el año 2017 no se obtuvo un registro de recapturaje, probablemente debido al bajo número de ejemplares marcados, ya que sólo se llevó a cabo el proceso de marcaje externo sobre 11 ejemplares. En forma puntual para este recurso, los esfuerzos para llevar a cabo este programa se dificultan principalmente debido al valor comercial que representa la especie, lo que limita las posibilidades de liberar un ejemplar sin que exista un incentivo económico de por medio (Zárate et al., 2018).

Se puede observar en la figura 6.30 una tendencia al aumento en las capturas realizadas por la flota nacional entre los años 1999 y 2016. Aunque estos valores presentan fluctuaciones, a partir del año 2008, las cifras van en aumento llegando a obtenerse un registro máximo de 6.928 toneladas en el año 2016, este valor disminuye bordeando 5.500 toneladas el 2017 y vuelve a disminuir de acuerdo al valor preliminar del año 2018, estimado en 4.739 toneladas.

Figura 6.30. Desembarque total de pez espada en toneladas, años 1999 - 2018.



FUENTE: Anuarios Estadísticos, Sernapesca

El conocimiento de este recurso y la caracterización de su pesquería han involucrado el desarrollo de diferentes áreas de estudio que han permitido conocer mejor su dinámica. Con la finalidad de mejorar el estudio con enfoque ecosistémico de la pesquería relacionada a recursos migratorios, se ha indicado la necesidad de optimizar el proceso de marcaje mediante el uso de marcas satelitales que complementen el trabajo realizado en Nueva Zelanda y Australia. En cuanto a los antecedentes de variaciones temporales en patrones genéticos de pez espada capturados en diferentes áreas geográficas del Pacífico sur, se ha sugerido establecer un programa de monitoreo de largo plazo (en escala decadal), consistente en muestreos anuales o bianuales, para poder dilucidar posibles rutas migratorias y patrones de estructura y diversidad genética entre áreas geográficas y océanos (González op. cit; Zárate op. cit.).

En cuanto al monitoreo que se ha realizado específicamente sobre la flota redera, se determinó que, a pesar de contar con una base de datos proveniente de un alto número de embarcaciones, se requiere mejorar el registro de la información respecto a los tamaños de las redes utilizadas, incrementar la cobertura con observadores científicos a bordo y generar un diálogo permanente con los patrones de pesca para poder mejorar la toma de datos (Barraza et al. en González, 2018).

160 Zárate P., I. Carí, C. Salinas, D. Devia, R. Bello, J. Saavedra, M. González, F. Sepúlveda, S. Klarían, F. Fernandoy, Y. Moreno, C. Harrod, M. Araya, C. Canales, M. Vargas, M. Cárcamo, J. Julca, S. Mora, J. Ortega, G. Shillinger, J. Azócar & P. Dutton. 2018. Informe Final. Convenio de desempeño 2017. Seguimiento Pesquerías Recursos Altamente Migratorios 2017. Enfoque Ecosistémico. Subsecretaría de Economía y EMT/ agosto 2018. IFOP 262 pp. + Anexos

161 Barría, P., J. Azócar, A. González, D. Devia, S. Mora, F. Cerna, L. Cid et al. 2016. Informe Final. Convenio de Desempeño 2015. Programa de Seguimiento Recursos Altamente Migratorios, 2015. Instituto de Fomento Pesquero, Subsecretaría de Economía y EMT/Abril 2016. 161 pp + Tablas y Anexos.

También se ha recomendado replicar estudios orientados a conocer el grado de solapamiento existente entre pez espada y tiburones, esto con relación a cómo afectaría la disponibilidad de ítems alimenticios y el nivel de competitividad por presas existente. Esto permitirá disponer de mayor información para la explotación sustentable de estos recursos pesqueros en el marco de un contexto ecosistémico y precautorio. Al considerar las dificultades que ha presentado la implementación del marcaje externo en esta especie, se recomienda desarrollar otras alternativas, tales como el marcaje satelital, cuya aplicación en otros estudios ha permitido recabar importante información respecto al desplazamiento y comportamiento de buceo del pez espada. Considerando todo lo anterior, se señala además la importante necesidad de establecer instancias de colaboración con otros grupos de investigación internacionales y de intercambiar bases de datos para poder trazar la conectividad de las poblaciones de pez espada (Zárate et al., 2018 op. cit.).

“REINETA”

Taxonomía:

Orden: Perciformes

Familia: Bramidae

Especie: *Brama australis* (Valenciennes 1836)



Distribución Geográfica:

La reineta (*Brama australis*), es una especie epipelágica y mesopelágica, de amplia distribución en el océano Pacífico sur, presente en aguas chilenas de Coquimbo (29°57'S) a Magallanes (53°09'S), siendo un importante recurso para la flota artesanal de Chile central (Pavez et al. 1998; Watanabe et al., 2006)

Características biológicas y ecológicas:

Su espectro trófico predador sería más bien reducido, según algunos estudios que han realizado análisis de contenido estomacal de esta especie, los cuales señalan que sus presas serían principalmente eufáusidos, y en menor grado calamares y peces pequeños (Muñoz et al. 1995, García & Chong 2002). Su tamaño promedio en los desembarques está entre los 35 a 40 cm. Se ha señalado que los ejemplares adultos se acercan a la costa como parte de su comportamiento reproductivo. Ello podría explicar el bajo número de juveniles en las capturas. El desove ocurre en primavera- verano y la talla de primera madurez sexual en hembras es de alrededor de 37 cm de longitud horquilla.

Situación pesquera del recurso:

Esta pesquería se desarrolla en un régimen general de acceso asimilado a un estado de plena explotación, presenta el acceso cerrado hasta el año 2022 con suspensión de la inscripción en el Registro Pesquero Artesanal y para el otorgamiento de autorizaciones a operadores industriales entre las regiones XV y XII (R. Ex. N°4405/2017).¹⁶²

Situación pesquera del recurso:

Otra medida de ordenamiento pesquero indica que la extracción del recurso entre las regiones I y X sólo puede realizarse con artes o aparejos de pesca que califiquen como línea de mano, espinel, red de pared, trampas, arpón y curricán.

En cuanto a capturas como fauna acompañante, se restringe a las pesquerías de merluza común, congrio dorado o merluza de cola, a obtener un máximo de 1% de desembarque como fauna acompañante de la captura total medida en peso por viaje de pesca (Subpesca, 2019 op. cit).

La captura de reineta se inicia en forma incidental por acción de la flota artesanal de las pesquerías de congrio y jurel durante los años noventa, sin que su extracción fuera considerada de importancia económica. Tras la obtención de autorizaciones por parte de la flota para realizar su captura como especie objetivo, se constituye en una actividad que presenta crecientes niveles de esfuerzo pesquero

¹⁶² Pavez, P., H. Cerisola, C. González & C. Hurtado. 1998. Análisis y evaluación de la pesquería de reineta (*Brama australis*) en el litoral de la V Región. Informe Final, Proyecto FIP N°96-26: 147 pp.

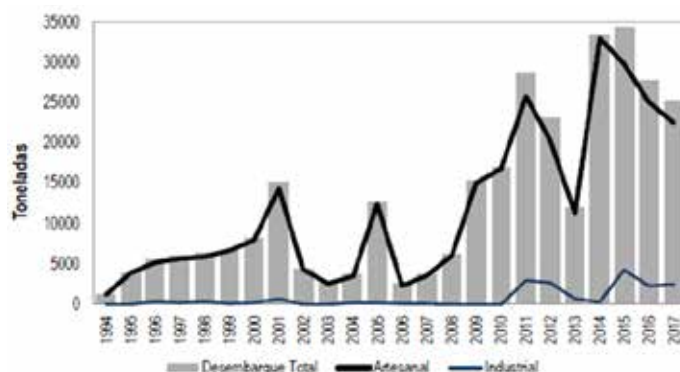
Watanabe, H., T. Kubodera & S. Kawahara. 2006. Summer feeding habits of the Pacific pomfret *Brama japonica* in the transitional and subarctic water of the central North Pacific. *J. Fish Biol.*, 68: 1436-1450.

Muñoz, G., N. Cortés, M. Arriaza & C. Oyarzún. 1995. Alimentación de una especie poco conocida, *Brama australis* Valenciennes, 1836 (Pisces: Bramidae) en la costa centro-sur de Chile. *Biol. Pesq.*, 24: 51-55.

García, C. & J. Chong. 2002. Composición de la dieta de *Brama australis* Valenciennes, 1837 en la zona centro-sur de Chile en otoño 2000 y verano 2001. *Gayana*, 66: 225-230.

con el paso de los años (Figura 6.31). En vista de este crecimiento, se comienzan a tomar medidas administrativas y de ordenamiento pesquero en la primera mitad del año 2000 (Pavez et al., 2004¹⁶³).

Figura 6.31. Desembarque anual total y por flota de reineta entre 1994 y 2017.



FUENTE: Sernapesca en Leal, 2018.

Aunque sus capturas corresponden principalmente a la acción de la flota artesanal, a partir del año 2011 se desarrolla en forma incipiente la extracción industrial dentro de la zona sur austral del país. La flota artesanal opera a través del uso de enmalle y espinel, en tanto que la industrial utiliza el palangre y la red de arrastre (Subpesca, 2016¹⁶⁴).

Los registros de desembarque oficiales señalan un mayor aporte durante los primeros años del desarrollo de la pesquería hasta el año 2001, asociado a la Región de Valparaíso. Con el paso de los años la flota se ha ido desplazando y actualmente, la mayor actividad extractiva de este recurso se asocia a la VIII y X regiones. En la VIII Región, es el puerto de Lebu donde se ubican las embarcaciones que presentan un mayor poder de pesca, llegando a alcanzar un promedio anual de 7.000 kg por viaje de pesca. Desde el año 2008 comienzan a tomar importancia los niveles de desembarque provenientes de las regiones X y XI, generando entre un 10% y un 40% del total anual. (Leal, 2018¹⁶⁵).

Dentro del marco de una propuesta de modelo conceptual preliminar, considerando que servirá de base para una futura implementación de mayor complejidad, se presentaron resultados concernientes a la evaluación del stock y al estado del recurso reineta, mediante la recopilación de antecedentes biológicos y pesqueros disponibles hasta el año 2017. Se realizó un análisis bajo un enfoque de pesquería pobre en datos y se generó un modelo conceptual de la dinámica poblacional, con base en los antecedentes biológicos y pesqueros de reineta. De acuerdo a lo anterior, se obtuvieron estimados de biomasa media que han disminuido de manera significativa desde el año 2011. Esto concuerda con el aumento de la mortalidad por pesca que se aprecia a partir de ese año, el cual excede ampliamente el nivel que permite obtener el rendimiento máximo sostenible. Por otra parte, la biomasa total presentó niveles menores en relación al punto biológico de referencia objetivo. Por lo tanto, la clasificación de este stock fue establecida en una condición de sobreexplotación y con sobrepesca durante el año 2017, situación que se replicó en el análisis del año 2018 y que ya se había registrado en el 2016 (Leal, 2018 op. cit., Acta 05/2018 op. cit.).

Se discute respecto al desconocimiento de la distribución de esta especie, postulándose que es mucho más amplia que la relacionada con su pesquería y que, por lo tanto, se desconoce la fracción del stock que es explotada por la flota chilena. Lo que implica que las evaluaciones que se han realizado solamente dan cuenta de una fracción del stock y no de la totalidad de éste. Con relación a esto, se suma un factor de incertidumbre respecto a la correcta identificación de *B. australis*, debido a que se ha descrito la presencia de *Xenobrama microlepis* (Bramidae) en la zona sur austral de Chile, señalándose que esta especie podría haber sido erróneamente clasificada como reineta, lo que afectaría los registros del extremo sur de Chile (Leal, 2018 op. cit.).

A pesar de que se ha avanzado en el conocimiento de la biología de *B. australis* durante los últimos años, mediante el financiamiento de estudios encargados por el Fondo de Investigación de Pesca y Acuicultura, persisten las deficiencias de información del recurso.

163 Pavez, P., R. Cerda & T. Melo. 2004. Informe Final. Ordenamiento de la pesquería de Reineta. Proyecto Fip N°2002-25. Escuela de Ciencias del Mar, Pontificia Universidad Católica de Valparaíso julio 2004. Recuperado de: www.fip.cl/FIP/Archivos/pdf/informes/infinal%202002-25.pdf

164 Subsecretaría de Pesca y Acuicultura. 2016. Estado de Situación de las Principales Pesquerías Chilenas 2015. Recuperado de: http://www.subpesca.cl/publicaciones/606/articles-92703_recurso_1.pdf

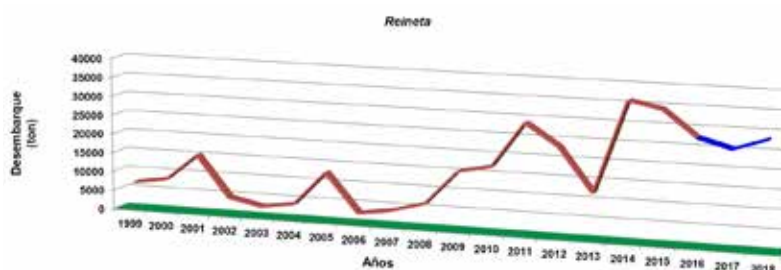
165 E. Leal. 2018. Informe 3 consolidado. Convenio de Desempeño 2017 Estatus y posibilidades de explotación biológicamente sustentables de los principales recursos pesqueros nacionales, 2018: Reineta, 2018 Subsecretaría de Economía y EMT / Marzo 2018 62 pp + Anexos

Esto impide la implementación de un modelo estadístico edad estructurado, el cual permitiría contar con un estatus más realista del recurso y con estimaciones confiables del rendimiento máximo sostenible para la correcta gestión de la pesquería. Para contrarrestar esto, se está trabajando en el estudio de edad y crecimiento de esta especie, lo que permitirá disminuir sobre o subestimaciones en la asignación de la edad y con ello se podrán generar claves talla-edad de mayor confiabilidad (Leal, 2018 op. cit.).

La tendencia de los niveles de captura del recurso reineta ha reflejado un crecimiento sostenido desde el año 2009, a pesar de que se han presentado registros fluctuantes con caídas intermedias, ocurriendo la última de éstas en el año 2013 con un valor que bordeó las 12.000 toneladas. Se observan las mayores cifras durante los años 2014 y 2015 con valores de 35.975 toneladas y 34.218 toneladas respectivamente. En los últimos tres años las capturas han sido estimadas en torno a 27 mil toneladas (Figura 6.32).

Respecto a la certeza existente sobre estas cifras, se ha informado de un importante nivel de subreporte y sobre-reportes asociado a los registros oficiales. Esto se hace evidente al comparar los valores totales de desembarque anual con los registros obtenidos a partir de los niveles de exportación, resultando ambas cifras de similar magnitud. Para corregir esto y poder dimensionar el nivel de subreporte se ha tomado en consideración las toneladas correspondientes al consumo interno, usando como referencia un punto representativo, y a esta cifra se le ha sumado el valor correspondiente a exportaciones, obteniéndose como resultado valores ampliamente diferenciados (Subpesca, 2002¹⁶⁶).

Figura 6.32. Desembarque total de reineta en toneladas, años 1999 - 2018.



FUENTE: Anuarios Estadísticos, Sernapesca.

Aunque en la pesquería de reineta no existe un elemento de asesoría científica por pares, un panel de expertos realizó una serie de recomendaciones generales señalando que se debería: investigar la estructura del stock, trabajar en el desarrollo de un modelo estadístico de captura a la edad y utilizar los métodos basados en captura como aproximaciones iniciales. En cuanto a la estimación de puntos biológicos de referencia, se recomendó el uso de métodos empíricos y basados en capturas cuando no se cuente con datos o información suficiente para la modelación (Leal, 2018 op. cit.).

A pesar de la importancia creciente que representa este recurso, se ha señalado que aún existen importantes deficiencias en su conocimiento, tanto de orden biológico como respecto a la caracterización de su ciclo de vida (distribución, migración, reproducción, etc.) (Gallardo et al., 2015¹⁶⁷). Tampoco se cuenta con índices independientes de la pesquería, ni con una clave talla-edad que permitan calibrar un modelo de evaluación de stock de mayor complejidad. Aunque se ha obtenido en los últimos años una importante base de datos de parámetros de crecimiento, se requiere de una validación que considere el análisis de micro-estructura del otolito. Ante esto, es necesario avanzar en un programa de mejoramiento de la calidad de la información y del conocimiento del recurso para las costas chilenas (Leal, 2018 op. cit.).

Además, es importante tomar en cuenta la presencia de subreporte o sobre-reportes en los desembarques oficiales, ya que no se ha podido establecer el esfuerzo real que la pesquería ha aplicado sobre el recurso, siendo éste un aspecto aún no explorado. Al respecto, se ha planteado la necesidad de mejorar el control de las capturas y de realizar un análisis de la magnitud que representa este problema para así poder tener mayor claridad respecto al actuar de la flota involucrada (Canales, 2014¹⁶⁸, Leal, 2018 op. cit.).

166 Subsecretaría de Pesca y Acuicultura. 2002. Cierre Temporal del Acceso en la Pesquería de Reineta (*Brama australis*) I-X Regiones. Subsecretaría de Pesca y Acuicultura, Valparaíso, julio 2002. Recuperado de: http://www.subpesca.cl/institucional/602/articles-72479_documento.pdf

167 Gallardo, A., C. Ibieta, C. Vargas, J. Gonzales, J. Säteler, J. Uribe y P. Gálvez. 2015. Informe Final. Proyecto del Fondo de Investigación Pesquera (FIP). FIP 2013-21: Origen Natal y distribución geográfica de la reineta en Chile. Subsecretaría de Pesca/ Diciembre 2015. Recuperado de: <http://www.ifop.cl/wp-content/uploads/Repositorioifop/InformeFinal/P-283008.pdf>

168 Canales, M. 2014. Informe de Estatus y Cuota. Convenio de Desempeño 2014. Estatus y posibilidades de explotación biológicamente sustentables de los principales recursos pesqueros nacionales año 2015: Reineta, 2015. Instituto de Fomento Pesquero, Subsecretaría de Economía y EMT /Agosto 2014. 50 pp.

Resumen y conclusiones del estado de los recursos biológicos pesqueros de los ecosistemas marinos

El desembarque de erizo rojo, *Loxechinus albus* presenta una relativa estabilidad que bordea las 30.000 toneladas entre los años 2010 y 2018 (Cuadro 6.1). Sin embargo, se considera que a nivel global y regional este recurso presenta niveles de deterioro asociados a la actividad pesquera. Existe una condición de sobreexplotación en las 3 zonas definidas para captura, aunque la macrozona de la X Región sur presenta algunos síntomas de recuperación.

Cuadro 6.1. Desembarque total por tipo de recurso, años 1999 y 2018

Recurso	Desembarque 1999 (t)	Desembarque 2018 (t) *	Tasa de Variación %
Recursos ícticos pelágicos			
Anchoveta	1.983.040	850.071	-57,13
Jurel	1.219.689	441.854	-63,77
Sardina común	782.142	345.423	-55,84
Sardina española*	246.045	1.672	-99,32
Reineta	6.830	28.173	312,49
Pez espada	2.925	4.739	62,02
Total pelágicos	4.240.671	1.671.932	-60,57
Recursos ícticos demersales			
Merluza de cola	309.904	17.055	-94,50
Merluza austral	24.656	19.191	-22,16
Congrio dorado	5.721	1.293	-77,40
Bacalao de profundidad	12.506	-	-
Merluza de tres aletas	36.506	5.199	-85,76
Raya Volantín	3.369	299	-91,12
Merluza común	103.789	22.110	-78,70
Total demersales	496.451	65.147	-86,88
Recursos crustáceos			
Langostino Amarillo	7.263	3.606	-50,35
Camarón Nailon	7.951	5.527	-30,49
Langostino Colorado	12.710	5.399	-57,52
Total crustáceos	27.924	14.532	-47,96
Recursos moluscos			
Loco	2.294	2.379	3,71
Almeja	16.429	12.265	-25,35
Macha	1.728	1.208	-30,09
Pulpo	3.168	2.791	-11,90
Total moluscos	23.619	18.643	-21,07
Otros recursos			
Erizo	55.656	30.493	-45,21

FUENTE: Anuario estadístico 1999 (Sernapesca), Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura - Departamento Gestión de la Información, Atención de usuarios y Estadísticas Sectoriales. *Datos de 2015 aportados provisoriamente por Sernapesca, en proceso de validación.

Del recurso “loco”, *Concholepas concholepas*, no existen antecedentes respecto al estado de explotación en áreas de libre acceso, y por tanto no se conoce el estatus actual de esta pesquería en esta condición. La pesquería de *C. concholepas* se desarrolla principalmente en Régimen de Áreas de Manejo y Explotación de Recursos Bentónicos (AMERB). Esta pesquería presenta distintos niveles de explotación a lo largo de Chile, existiendo evidencias de sobreexplotación en las AMERBs entre la Región del Biobío y de Aysén, pero se declara en plena explotación para las otras áreas.

Respecto al recurso almeja, son dos las especies que concentran las mayores abundancias (*Leukoma antiqua* y *Prothotaca taca*). En el Estado de la Situación de las Principales Pesquerías Chilenas año 2019 se presentan resultados similares a los obtenidos en el año 2016, con estimados de biomasa por debajo de los niveles de referencia, con una tendencia al aumento en la mortalidad por pesca y señales de una mejor condición para la Región de Aysén, que aún mantiene niveles de incertidumbre en sus análisis. Esta pesquería se encuentra calificada en estado de Plena explotación. Para la Bahía de Ancud se observó que en los últimos 30 años los niveles poblacionales han disminuido fuertemente, con una reducción de la biomasa desovante del 20%, lo que es señal de un alto riesgo de conservación, y un declive continuo del indicador de abundancia en los últimos 5 años. Sin embargo, en los años 2016 y 2017 los estimados de biomasa muestran algunas señales de recuperación.

Otro molusco muy apetecido es la macha *Mesodesma donacium*, el cual se extrae de forma artesanal. Lamentablemente varios de los bancos de macha presentes a lo largo del país exhiben una condición de deterioro importante, particularmente aquellos ubicados en la zona norte. En las Regiones de Arica y Parinacota y de Antofagasta, algunos bancos de macha se encuentran agotados, o no presentan la capacidad de sostener a la pesquería. Adicionalmente, el año 2018 registró un declive en los indicadores poblacionales de densidad y abundancia en comparación a lo observado en el año 2017. La condición de este recurso correspondería a la categoría de sobreexplotado.

Respecto a la pesquería del pulpo del norte (*Octopus mimus*), la situación es compleja por cuanto al 2018 no posee puntos biológicos de referencia, tomando en cuenta la demanda constante del mercado, y desde fines de la década del 2000 no se han logrado mantener los niveles de captura, por lo tanto, se interpreta que este recurso presenta un estado de sobreexplotación. Por su parte, el pulpo del sur (*Enteroctopus megalocyathus*) ha sido asimilado a un estado de plena explotación.

El congrio dorado (*Genypterus blacodes*) es otro recurso que se ubica en la categoría de sobreexplotación. Entre los problemas que conlleva el análisis de esta pesquería se ha mencionado que los estimados de desembarque de congrio dorado en su fracción artesanal presentarían importantes cifras de subestimación al no considerar las capturas ilegales de pesca que ocurren en aguas exteriores e interiores, ni las actividades de descarte o subreporte asociados a la extracción de ejemplares que no cumplen con los requerimientos del mercado.

Los resultados de la evaluación de la pesquería de merluza del sur (*Merluccius australis*) para el año 2018, muestran una tendencia decreciente en la biomasa desovante, con un stock que se ha mantenido reducido. Las trayectorias de mortalidad por pesca y biomasa desovante son claramente indicativas de un estado de sobreexplotación de la merluza del sur presente por varios años. Además existe una subestimación proveniente del sector artesanal, causada por la extracción ilegal y la no comercialización de algunos de los ejemplares debido a su tamaño. Se reconoce históricamente la actividad ilegal, asociada en especial a la Región de Los Lagos, y el incumplimiento de la veda reproductiva.

La merluza de cola (*Macruronus magellanicus*) es una pesquería que se encuentra en niveles muy delicados y declarada en estado de agotamiento o colapso (Cuadro 6.1). La estructura de edad de sus poblaciones es un indicador de esta problemática en que las tallas están conformadas principalmente por juveniles. Este recurso se encontraría en una peor condición en el año 2018 respecto al año 2017, aun considerando que ha habido bajas tasas de explotación en los últimos años. Un recurso que no muestra signos de recuperarse.

El desembarque de merluza común o pescada (*Merluccius gayi gayi*) registra una caída muy fuerte desde 2004, y no ha mostrado signos de recuperación, manteniéndose en un estado de sobreexplotación, con riesgo de pasar al estado de recurso agotado. Una problemática persistente asociada a la evaluación de esta pesquería, son los niveles históricos de descarte, subreporte y no reporte de los desembarques. Para la flota industrial, los indicadores pesqueros y biológicos dan cuenta de un stock débil e inestable, con características en la estructura de tallas de riesgo para la sustentabilidad de la pesquería.

El recurso langostino amarillo (*Cervimunida johni*) se encuentra en estado de plena explotación en 2018, de acuerdo al Comité Científico de estas pesquerías. No obstante, la información utilizada en la evaluación de este recurso contiene importantes fuentes de incertidumbre provenientes de información referente a las áreas de captura, del subreporte o descarte que genera dudas sobre los valores de desembarque.

El camarón nailon (*Heterocarpus reedi*) es otro crustáceo con alta demanda, llegando a presentar niveles de sobreexplotación en la zona centro-sur entre los años 70 y 90, llegando al colapso a fines de los noventa. Esta situación derivó en la aplicación de vedas sucesivas establecidas desde inicio de la década del 2000. Ello habría posibilitado que la condición del stock mejorase notablemente, debido a esas medidas de administración y manejo de la pesquería, llegando a un nivel de subexplotación en los últimos años. La determinación del estatus de este recurso al año 2019 fue de subexplotación en la zona centro- norte, con niveles de biomasa desovante que revelan un superávit productivo del stock entre los años 2007 y 2018.

El desembarque de anchoveta (*Engraulis ringens*) a nivel nacional ha presentado fluctuaciones con una clara tendencia a la disminución durante los años 1999 y 2016. El año 2018 presentó una leve mejoría en términos de biomasa desovante, asociada principalmente a altos reclutamientos registrados entre el 2016 y 2017 y a condiciones ambientales que favorecerían la sobrevivencia de la especie. Debido a ello, el recurso anchoveta desde Valparaíso a Los Lagos se mantiene en situación de colapso.

Sin embargo, algunos estudios detectan un incremento sincrónico en abundancia y biomasa para los tres stocks de anchoveta, debido supuestamente a alguna forzante ambiental que estaría influyendo positivamente este recurso.

La presencia de Sardina española (*Sardinops sagax*) ha sido catalogada como prácticamente nula en los registros de los últimos años, sin embargo, ha habido algunas capturas incipientes el 2017 en la zona norte. Los estudios realizados hace 20 años señalaban que el colapso de la especie sería atribuible a la sobrepesca ocurrida durante los años ochenta, calificando al stock de sardina española con abundancia disminuida tanto en ambas unidades de la pesquería nacional, así como en Perú. Sin embargo, el estado de agotamiento presente en esta pesquería en la actualidad ha sido relacionado con las condiciones ambientales, dada la influencia que tienen sobre los recursos pelágicos en general. Pero, la mortalidad por pesca durante el desarrollo de esta pesquería fue determinante en el deterioro de las poblaciones de sardina española al sur de Perú y en las unidades de pesquería nacionales. Es evidente que los factores ambientales juegan un rol importante en el éxito o fracaso del reclutamiento en ciertos años, pero el agotamiento del recurso debido a la sobrepesca hace también lo suyo.

Por su parte, la biomasa total de la sardina común (*Strangomera bentincki*) ha presentado alta variabilidad en las últimas décadas, derivada de las fluctuaciones del reclutamiento, con una tendencia a incrementar a partir del año 2007-08. La estimación del año 2017-18 fue un 3% menor al año anterior y un 7% menor al promedio de la última década. No obstante, la mortalidad por pesca ha seguido una tendencia al descenso y por tanto este recurso clasifica en un estado de Plena Explotación para 2018.

El recurso jurel (*Trachurus murphyi*) había alcanzado niveles de recuperación que lo posicionaban en un estado de plena explotación, sin sobrepesca, durante el año 2017. En los últimos 3 años las capturas han aumentado en forma leve, dada la condición de buenos reclutamientos de los últimos años y una disminución del esfuerzo de pesca principalmente de la flota de alta mar. Sin embargo, la biomasa estimada para el año 2018 presentó una disminución en relación a los estimados de los años 2017 y 2016, lo cual generó que se dispusiera en categoría de clasificación sobreexplotada para el año 2018.

El pez espada o albacora, es una pesquería que registra un descenso sostenido desde 2016. Sin embargo, el estudio y evaluación del stock realizado en 2017 registró una tendencia positiva, con niveles de abundancia que no muestran síntomas de sobreexplotación. Por ello esta pesquería clasifica en estado de plena explotación.

La reineta (*Brama australis*) presenta una tasa positiva de variación en los desembarques (Cuadro 6.1), debido a que este recurso ha aumentado solo recientemente el esfuerzo de pesca (desde 2009), y por ello los datos de captura de 1999 son comparativamente bajos. Lamentablemente los datos estimados de biomasa media han disminuido significativamente desde 2011. Esto concuerda con el aumento de la mortalidad por pesca que se aprecia a partir de ese año, el cual excede ampliamente el nivel que permite obtener el rendimiento máximo sostenible.

Por tanto, la clasificación de este stock fue establecida en condición de sobreexplotación y con sobrepesca durante el año 2017, situación que se replicó en 2018.

A pesar de la importancia creciente que representa este recurso, se ha señalado que aún existen importantes deficiencias en su conocimiento, tanto de orden biológico como respecto a la caracterización de su ciclo de vida.

La situación de agotamiento de los recursos biológicos marinos ha sido relacionada tanto a condiciones ambientales como a una extracción excesiva de ellos, de acuerdo a estudios de la Subsecretaría de Pesca. Por otro lado, se ha señalado la dificultad de obtener datos confiables sobre el esfuerzo pesquero debido a las complejas características que presentan algunas pesquerías como las bentónicas. Las medidas de administración y manejo de la pesquería han dado algunos resultados positivos y con ello, se ha posibilitado la recuperación parcial de algunas especies tales como langostino amarillo, camarón nailon, pero lamentablemente son muchas más las pesquerías que no muestran signos de recuperación y en varios casos su situación ha empeorado respecto a años anteriores (Cuadro 6.1).

6.1.3.3 Estado de áreas marinas protegidas y su funcionamiento

Un elemento destinado a proteger los ecosistemas marinos del impacto humano es la designación de Áreas Marinas Protegidas (AMP). La creación de estas áreas involucra, entre otros aspectos favorables, la protección de la biodiversidad, de los procesos relacionados al ciclo de vida de las especies, y promover la permanencia de espacios de valor paisajístico y de riqueza ecosistémica. La ONU destaca

también los beneficios sociales y económicos asociados, pues garantizan el uso sostenible de los recursos naturales y el desarrollo de actividades como el turismo, involucrando a distintos actores en la planificación y distribución de los beneficios de los océanos. Del mismo modo, se favorece el rol regulador de los océanos, con respecto a la disminución de los efectos del calentamiento global y a la disminución de los efectos de la acidificación de los mismos (Laffoley et al., 2016¹⁶⁹; PNUMA, 2017¹⁷⁰).

Desde un punto de vista normativo, se encuentran reguladas tanto las actividades que pueden desarrollarse en las AMPs como los organismos institucionales responsables de su gestión y fiscalización. Por otra parte, la gobernanza de estas áreas se reconoce en el Objetivo de Desarrollo Sostenible 14 de la ONU y en la Meta Aichi 11 para la Diversidad Biológica. Lo anterior se define según el tipo de área en cuestión, existiendo en Chile cuatro clasificaciones de acuerdo con lo estipulado por la SUBPESCA: reservas marinas, parques marinos, santuarios de la naturaleza y áreas marinas y costeras protegidas de múltiples usos.

Tanto las reservas como los parques marinos nacionales son áreas que resguardan ecosistemas y biodiversidad únicos, semilleros de recursos hidrobiológicos de interés comercial y/o que cuentan con la presencia de especies marinas protegidas, siendo el organismo encargado de su tuición SERNAPESCA. Según el Reglamento de Parques y Reservas Marinas, sólo se pueden efectuar actividades extractivas mediante la regulación descrita por el Plan General de Administración (PGA) de esa área.

El PGA constituye un instrumento de gobernanza que contiene los fundamentos del establecimiento del área protegida, el marco conceptual y operativo y los programas de administración, investigación, manejo, extensión, monitoreo y fiscalización (Sernapesca, 2015¹⁷¹).

Para alcanzar los objetivos a los que apunta este instrumento, se requiere contar con una administración participativa y con un sistema de vigilancia y fiscalización permanente. Este último factor toma especial relevancia al considerar que Chile se encuentra en una etapa más bien inicial en cuanto a la gestión de estas áreas, ya que aún existen falencias en cuanto al establecimiento de planes de administración y monitoreo o fiscalización de las AMPs ya establecidas. De hecho, la ONU señala en el informe Fronteras 2017, que el 40% de las AMPs, a nivel mundial, presentan importantes deficiencias en relación a su protección efectiva.

En cuanto a la creación de AMPs, desde la última edición del Informe País (2016) se concretó el cierre definitivo del acceso de la pesca industrial en más de 420 mil kilómetros cuadrados con el establecimiento del Parque Marino Archipiélago de Juan Fernández y del Parque Marino Mar de Cabo de Hornos. Con el primero, se busca la protección oficial de 286 mil km² de áreas marinas y costeras, en una zona de gran biodiversidad y con un alto nivel de endemismo. Parte de este hábitat está conformado por 130 especies reconocidas para su conservación, como el Atún aleta azul del sur (en peligro crítico de extinción), el tiburón mako y la tortuga laúd (ambos vulnerables) y el tiburón azulejo (casi amenazado); siendo además una zona crítica para la cría del jurel chileno.

El Parque Cabo de Hornos abarca una superficie total de 140 mil km² destinados a la preservación de los ecosistemas de canales y fiordos asociados al Archipiélago Diego Ramírez, los montes submarinos del Paso Drake y los componentes de la biota acuática existente en el área bajo protección. A partir de su creación se espera proteger importantes áreas de alimentación, migración y reproducción de especies como albatros, pingüinos, mamíferos marinos, bosques de algas y los ecosistemas costeros aledaños.

Producto de la creación de estos parques, y de acuerdo con lo publicado por el Ministerio de Medio Ambiente, Chile ocupa el quinto lugar entre los países que cuentan con mayor cantidad de kilómetros cuadrados marinos protegidos, llegando a abarcar un 42,4% de superficie marina bajo protección oficial.

Los parques y reservas marinas actualmente establecidas a nivel nacional se resumen en el Cuadro 6.2.

Existen también otras tipificaciones de áreas protegidas definidas por la SUBPESCA. Por una parte, se hallan los Ecosistemas Marinos Vulnerables, los que son definidos como unidades naturales conformadas por estructuras geológicas frágiles y poblaciones o comunidades de invertebrados de baja productividad biológica, que ante perturbaciones antrópicas tienen escasa recuperación. Corresponden principalmente a montes submarinos, fuentes hidrotermales, formaciones coralinas de agua fría o cañones submarinos.

Este tipo de ecosistemas, protegidos por la LGPA, tienen prohibida la actividad pesquera extractiva con artes, aparejos y otros implementos de pesca que afecten el fondo marino. Por otra parte, están los Espacios Costeros Marinos Pueblos Originarios (ECMPO), que corresponden a espacios marinos delimitados, cuya administración es entregada a comunidades indígenas o asociaciones de ellas que han ejercido el uso consuetudinario de dicho espacio constatado por la CONADI.

169 Laffoley, D. & Baxter, J. M. (editors). 2016. Explaining ocean warming: Causes, scale, effects and consequences. Full report. Gland, Switzerland: IUCN. 456 pp

170 PNUMA. 2017. Fronteras 2017. Nuevos temas de interés ambiental. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, Nairobi.

171 Sernapesca. 2015. Tríptico: Red de Reservas Marinas bajo tuición de Sernapesca. http://ww2.sernapesca.cl/presentaciones/Gestion_Ambiental/Tr%C3%ADptico_Reservas_Marinas.pdf

Cuadro 6.2. Parques y Reservas Marinas bajo la tuición de Sernapesca.

Tipo Protección	Nombre	Localidad	Región	Superficie	Recurso Objetivo	Decreto Supremo
Reserva Marina	La Rinconada	Caleta Vieja	Antofagasta	331,61 (Há)	Ostión del Norte	522/1997
	Isla Chañaral	Isla Chañaral	Atacama	2.894 (Há)	Loco, Lapa, Erizo, lessonia, Delfín Nariz de Botella, Chungungo, Pingüino de Humboldt.	150/2005
	Isla Choros y Damas	Isla Choros y Damas	Coquimbo	3.863 (Há)	Loco, Lapa, Erizo, lessonia, Delfín Nariz de Botella, Chungungo, Pingüino de Humboldt.	151/2005
	Pullinque	Estero de Quetalmaue	Los Lagos	740 (Há)	Ostra Chilena	133/2003
	Putemún	Estero de Castro	Los Lagos	751 (Há)	Choro Zapato	134/2003
Parque Marino	Motu Morito Hiva	Isla Salas y Gómez	Valparaíso	1.500 (Km²)	Ecosistemas marinos, montes submarinos, biota acuática propia del área protegida.	235/2010
	Francisco Coloane	Isla Carlos III	Magallanes	1.500 (Há)	Ballena jorobada, Pingüino Magallanes, Lobo Marino.	276/2003
	Nazca - Desventuradas	Isla San Ambrosio y San Felix	Valparaíso	300.035 (Km²)	Ecosistemas marinos, montes submarinos y los componentes de la biota acuática propia del área protegida.	5/2016
	Parque Marino "Montes" Submarinos Crusoe y Selkirk	Archipiélago de Juan Fernández	Valparaíso	1.087 (Km²)	Ecosistemas marinos y biodiversidad de montes marinos.	10/2016
	Red Parques Marinos: "Lobería Selkirk", "El Arenal", Tierra Blanca", y "El Palillo".			3,45 (Km²)	Ecosistemas y biodiversidad del área intermareal y submareal costera.	

FUENTE: SERNAPESCA

Un ejemplo del trabajo que se encuentra en proceso de desarrollo, es la presentación de una propuesta binacional entre Chile y Argentina, para la creación de una nueva AMP en la Antártica. La propuesta se sitúa en el denominado Dominio 1 (oeste de la península Antártica y sur del Arco de Scotia) e impulsa el establecimiento de tres tipos de áreas: áreas de protección general, áreas de investigación sobre krill y áreas de pesquería de protección especial. La fundamentación de su establecimiento reconoce a la Península Antártica como uno de los espacios que ha sido más afectado por el cambio climático y que debe soportar un importante nivel de presión derivado de la actividad humana relacionada al turismo, a la presencia de estaciones científicas y a la actividad pesquera.

Actualmente, se están afinando los detalles de esta propuesta y será presentada dentro del marco de la próxima reunión de la Comisión para la Conservación de los Recursos Vivos Marinos Antárticos (CCRVMA) (Díaz, 2018¹⁷²).

A pesar de los avances realizados en materia de designación de superficies protegidas, aún quedan desafíos pendientes en cuanto a la generación de instancias de protección más eficaces. Entre éstas se puede considerar que, aunque se ha establecido como ente fiscalizador de los parques marinos a la Armada de Chile, no está claro si se dispondrá de los recursos requeridos para llevar a cabo tal labor.

La ubicación geográfica de los parques marinos nacionales y su extensión, son elementos que dificultan su fiscalización y monitoreo. Estas son herramientas de gran importancia al considerar los niveles de pesca ilegal existentes. En cuanto al establecimiento de los planes de administración, requeridos por ley, esta una tarea que aún se encuentra incompleta en cuanto a su inclusión y ejecución. A lo anterior se debe añadir que la participación de diferentes ministerios e instituciones a cargo de la gestión de las áreas protegidas, ha

172 H. Díaz. 2018. Chile y Argentina proponen una nueva Área Marina Protegida en la Península Antártica. Departamento de Comunicaciones y Educación, Instituto Antártico Chileno. Nota en prensa 21/12/2108 <http://www.inach.cl/inach/?p=24244>

dificultado la generación de estrategias de conservación y que, por otra parte, aún existen importantes ecosistemas amenazados sin representación dentro del Sistema Nacional de áreas Silvestres Protegidas del Estado (Terram, 2018¹⁷³).

Al respecto la OCDE (2016¹⁷⁴) y la CEPAL, han señalado la importancia de aprobar la ley sobre el Servicio de Biodiversidad y Áreas Protegidas y que en ésta se deberían considerar garantías económicas y de recursos humanos que permitan sustentar su ejecución. De esta forma, todas las áreas protegidas marinas y terrestres contarían con la administración directa del Ministerio del Medio Ambiente.

Otras recomendaciones que señalan la OCDE y CEPAL para la gestión de las AMPs nacionales son: propiciar la creación de una base de conocimientos sobre el estado y las tendencias de diversidad biológica, incluyendo una evaluación del estado de ecosistemas de aguas interiores y marinos; realizar una evaluación nacional de los ecosistemas; mejorar la participación de ONGs, gobiernos locales y comunidades indígenas en el desarrollo e implementación de políticas sobre diversidad biológica.

También contempla acelerar el desarrollo y la actualización de planes de gestión de todas las áreas protegidas y examinar su implementación, y desarrollar e implementar una estrategia de fomento de las iniciativas privadas de conservación, así como, integrar las iniciativas privadas de conservación al sistema nacional de áreas protegidas.

Además, se ha señalado en la Conferencia de Naciones Unidas sobre los Océanos (junio de 2017) la necesidad de integrar a la población en general, en especial a los jóvenes, en cuanto a la promoción de la cultura de la conservación, la restauración y del uso sustentable de los océanos.

En cuanto a la fiscalización, la forma más efectiva sería la implementación de un sistema integrado de vigilancia satelital que se pueda complementar posteriormente con patrullaje aéreo y marítimo. De esta forma se podrá cumplir con los estándares internacionales de protección de las especies marinas.

Por otra parte, los recursos y hábitats costeros y marinos presentan un nivel de explotación que desafía la conservación de los ecosistemas asociados al Sistema de la Corriente de Humboldt. Éste constituye uno de los ecosistemas marinos de mayor productividad en el mundo, cuya funcionalidad representa una gran complejidad, con interconexiones entre diversos ecosistemas locales distribuidos a lo largo del área de influencia de esta corriente. Ante esto, se sugiere el establecimiento de una AMP de gran escala, como se ha tipificado por ejemplo a la Gran Barrera de Coral de Australia o al Mar de Frisia, en Europa. De esta forma se puede preservar el funcionamiento y la integridad de los servicios ecosistémicos que proveen los ecosistemas costeros asociados a este gran sistema (Aguilera et al., 2019¹⁷⁵).

6.1.4 Estado de la contaminación de los ecosistemas marinos y del borde costero

6.1.4.1 Normativa Nacional e Internacional Aplicable a la Realidad Nacional

Con la finalidad de poder evaluar, a modo referencial, el estado de la calidad de las distintas matrices ambientales respecto a los metales pesados y a otros parámetros adicionales, a continuación se entrega un breve resumen de las normativas vigentes a nivel nacional para aguas y algunos criterios aplicados a sedimentos en distintos países desarrollados, ya sea a través de directrices o en su defecto, en normas de calidad para un determinado indicador ambiental.

En nuestro país, la calidad ambiental secundaria que poseen los cuerpos de agua marinos no se encuentra regulada en algún instrumento reglamentario oficial. Sólo se cuenta con el D.S. N° 144/2009 “Normas de Calidad Primaria para la Protección de las Aguas Marinas y Estuarinas Aptas para Actividades de Recreación con Contacto Directo”, promulgado por el Ministerio Secretaría General de la Presidencia el 30 de diciembre del 2008 y publicado en el Diario Oficial el 07 de abril del 2009 (D.S. (MINSEGPRES) N° 144/2009). Éste dirige sus objetivos a establecer la calidad de un cuerpo de agua cuando ha sido monitoreado en varias ocasiones. Su propósito general es la protección de la calidad de las aguas marinas y estuarinas, de manera de salvaguardar la salud de las personas. Las normas primarias “anuales” de calidad ambiental para cada uno de los compuestos o elementos presentes en aguas marinas y estuarinas que se utilicen para actividades de recreación con contacto directo se indican en el Cuadro x.1.

173 Fundación Terram. 2018. Cartilla: Las Áreas Protegidas de Chile - Estado actual 2018. <http://www.conservacionybiodiversidad.cl/wp-content/uploads/2018/10/Las-%C3%A1reas-protegidas-de-Chile-Estado-actual-2018.pdf>

174 ODCE. 2016. Evaluaciones de desempeño ambiental: Chile, aspectos destacados.

175 Aguilera M., J. Aburto, L. Bravo, B. Broitman, R. García, C. Gaymer, S. Gelcich, B. López, V. Montecino, A. Pauchard, M. Ramos, J. Rutllant, C. Saéz, N. Valdivia & M. Thiel. 2019. Chapter 29 – Chile: Environmental Status and Future Perspectives, World Seas: An Environmental Evaluation (2° Edition). Vol I: Europe, the Americas and West Africa, 673 - 702

Cuadro 6.3 Valores anuales de calidad primaria para aguas destinada a uso recreativo con contacto directo.

Indicador	Unidad	Percentil	Estándar
Color	Escala Pt-Co	80	100
pH	Unidad de pH	95	6,0 – 8,5 ⁽¹⁾
Cianuro	mg/L	95	0,77
Arsénico	mg/L	95	0,11
Cadmio	mg/L	95	0,033
Cromo	mg/L	95	0,55
Mercurio	mg/L	95	0,011
Plomo	mg/L	95	0,11
Coliformes Fecales	NMP/100 mL	100	1.000

FUENTE: D.S. (SEGPRES) N° 144/2009. El pH está expresado en términos de valor mínimo y máximo.

En tanto, actualmente nuestro país no dispone de regulaciones ambientales que establezcan límites mínimos y/o máximos de concentración para sustancias químicas en sedimentos marinos. En consecuencia, tal como lo estipula el D.S. N° 40/2013 en su Artículo 11, se pueden utilizar normas de calidad ambiental y de emisión de referencia de otros estados, mencionados en el mismo artículo. En general, existe una variada gama de directrices o regulaciones ambientales extranjeras aplicables a la calidad secundaria de sedimentos marinos (y aguas, la mayoría de ellas basadas en niveles o contenidos de sustancias químicas (criterio de concentración). Asimismo, se han generado criterios de calidad en base a estudios de ecotoxicidad (bioensayos) en la biota marina (criterio de exposición). Dichos criterios no representan una norma primaria de valores máximos permitidos para los sedimentos marinos, si no que se utilizan como guía para las autoridades que deben tomar decisiones en cuanto a la remoción, dispersión o disposición de dichos sedimentos, ya que indican la posible toxicidad para los organismos marinos bentónicos.

Para esta revisión, se han considerado guías internacionales para los metales pesados y para los Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (HAP) y los Bifenilos Policlorados (PCB). Los valores considerados han sido los TEL y PEL de la normativa de Canadá. El valor TEL (Threshold Effect Level) o Nivel de Efecto Umbral, representa la concentración por debajo de la cual no se espera que ocurran efectos biológicos adversos. También estos valores se conocen como valores ISQG (por sus siglas en inglés, Interim Sediment Quality Guideline) o Guía Provisional de Calidad del Sedimento de Canadá. En tanto, el Nivel de Efecto Probable (PEL, por sus siglas en inglés, Probable Effect Level), es la concentración sobre la cual aparecen con frecuencia efectos biológicos adversos. Buchman (2008) recopiló estas guías en el Screening Quick Reference Tables de la National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA).

En el Cuadro x.2 se indican los límites mínimos (TEL) y máximo (PEL) del criterio ambiental aplicado. Adicionalmente, de modo comparativo se han adicionado también los criterios para los contenidos de Fósforo Total, Nitrógeno Total y Materia Orgánica Total en sedimentos marinos, de acuerdo a Persaud et al. (1993¹⁷⁶).

Para los fines comparativos de la evolución de los niveles de metales traza en sedimentos que se discutirán en los siguientes párrafos, se considera el valor PEL dado que refleja la concentración sobre la cual aparecen frecuentemente efectos biológicos adversos.

También, a modo comparativo, complementariamente en el Cuadro x.3 se entregan los valores referenciales de la Agencia de Protección del Medio Ambiente de los Estados Unidos de Norteamérica (USEPA, por sus siglas en inglés United States Environmental Protection Agency), para aguas marinas, actualizados al 2016, de acuerdo a la National Recommended Water Quality Criteria - Aquatic Life Criteria Table (<https://www.epa.gov/wqc/national-recommended-water-quality-criteria-aquatic-life-criteria-table>). La USEPA considera los valores CMC ("Criterion Maximum Concentration") y CCC ("Criterion Continuous Concentration"). El primer valor correspondería a la toxicidad aguda (CMC) y el segundo a la crónica (CCC).

176 Persaud, D. Jaagumagi, R. & A. Hayton. 1993. Guidelines for the Protection and Management of Aquatic sediment quality in Ontario. Ontario ministry of Environment and Energy Report.

Cuadro 6.4 Criterios utilizados para la evaluación de calidad ambiental de sedimentos marinos. Concentraciones en mg/kg.

Parámetros	TEL	PEL
Cadmio (1)	0,68	4,21
Cromo Total (1)	52,3	160
Cobre (1)	18,7	108
Mercurio (1)	0,13	0,7
Plomo (1)	30,24	112
Zinc (1)	124	271
HAP (1) (2)	1,684	16,77
PCB	0,0216	0,189
Fósforo Total (3)	600	
Nitrógeno Total (3)	550	
Materia Orgánica Total (MOT) (3) (4)	1,724	

(1) Buchman MF. 2008. NOAA Screening Quick Reference Tables, NOAA OR&R Report 08-1, Seattle WA, Office of Response and Restoration Division, National Oceanic and Atmospheric Administration, 34 pp.

(2) Suma de HAP (Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos) de alto y bajo peso molecular.

(3) Persaud, D. Jaagumagi, R. & A. Hayton. 1993. Guidelines for the Protection and Management of Aquatic sediment quality in Ontario. Ontario ministry of Environment and Energy Report.

(4) El valor de MOT es expresado en la normativa canadiense en forma de Carbono Orgánico Total (%). Considerando la conversión de %MOT = %C*1,724 (Hernández et al., 2008), se obtuvo el valor referencial de MOT.

Cuadro 6.5 Criterios utilizados para la evaluación de calidad ambiental de aguas marinas. Concentraciones en µg/L (ppb) (1).

Parámetros	CMC	CCC
Cadmio	40	8,8
Cromo Total ($Cr^{+3} + Cr^{+6}$)	11.400	77,4
Cobre	4,8	3,1
Mercurio	1,8	0,94
Plomo	210	8,1
Zinc	90	81
HAP (1)	300	-
PCB (1)	0,033	0,03

(1) Buchman MF. 2008. NOAA Screening Quick Reference Tables, NOAA OR&R Report 08-1, Seattle WA, Office of Response and Restoration Division, National Oceanic and Atmospheric Administration, 34 pp.

Para los fines comparativos de la evolución de los niveles de metales traza en aguas en el litoral nacional, se utilizará el valor CMC, pues constituye un reflejo de la toxicidad crónica a la que se verían sometidos los organismos marinos. Debe recordarse que la toxicidad “crónica” se refiere a los efectos producidos por una exposición prolongada (semanas a meses) a una sustancia, generalmente a dosis inferiores a las necesarias para causar una intoxicación aguda.

6.1.4.2 Contaminación por metales traza

De acuerdo a Ahumada (1994¹⁷⁷), metal pesado es un miembro de un grupo de elementos no muy bien definido que exhibe propiedades metálicas. Todos ellos, en general, exhiben características químicas semejantes: un mismo estado de oxidación (generalmente cationes bivalentes), igual distribución electrónica de las capas externas (metales de transición) y pesos atómicos comprendidos entre 63,55 y 200,59 g mol⁻¹. Estos elementos son constituyentes naturales del agua de mar y se encuentran en bajas concentraciones por lo que son conocidos como oligoelementos o elementos traza, concentraciones de µg L⁻¹, esto es 10⁻⁹ o partes por billón en la nomenclatura anglosajona (Paredes, 1998¹⁷⁸; Harrison et al., 1980¹⁷⁹; Quilodrán, 2002). De acuerdo a Ahumada et al. (2006), el ingreso de metales al mar se establece vía aguas fluviales, atmósfera o transporte advectivo de las aguas y alcanza un equilibrio entre los procesos de sedimentación, incorporación a los organismos y advección/difusión. La dinámica de los metales en las aguas, en términos de advección/difusión y transferencia de los metales disueltos o particulados a diferentes matrices es rápida, lo que hace difícil pesquisar problemas de contaminación en el agua y sólo es posible apreciar los cambios en pequeñas escalas espaciales con algún tipo de gradiente.

No obstante, dada la relación entre los metales traza y los sedimentos, estos últimos pueden usarse como registro de la evolución histórica de la contaminación de un sistema dado, ya que los sedimentos reflejan las condiciones químicas de las masas de agua sobre ellos (Ryan & Windom 1988¹⁸⁰, Valette-Silver 1993¹⁸¹).

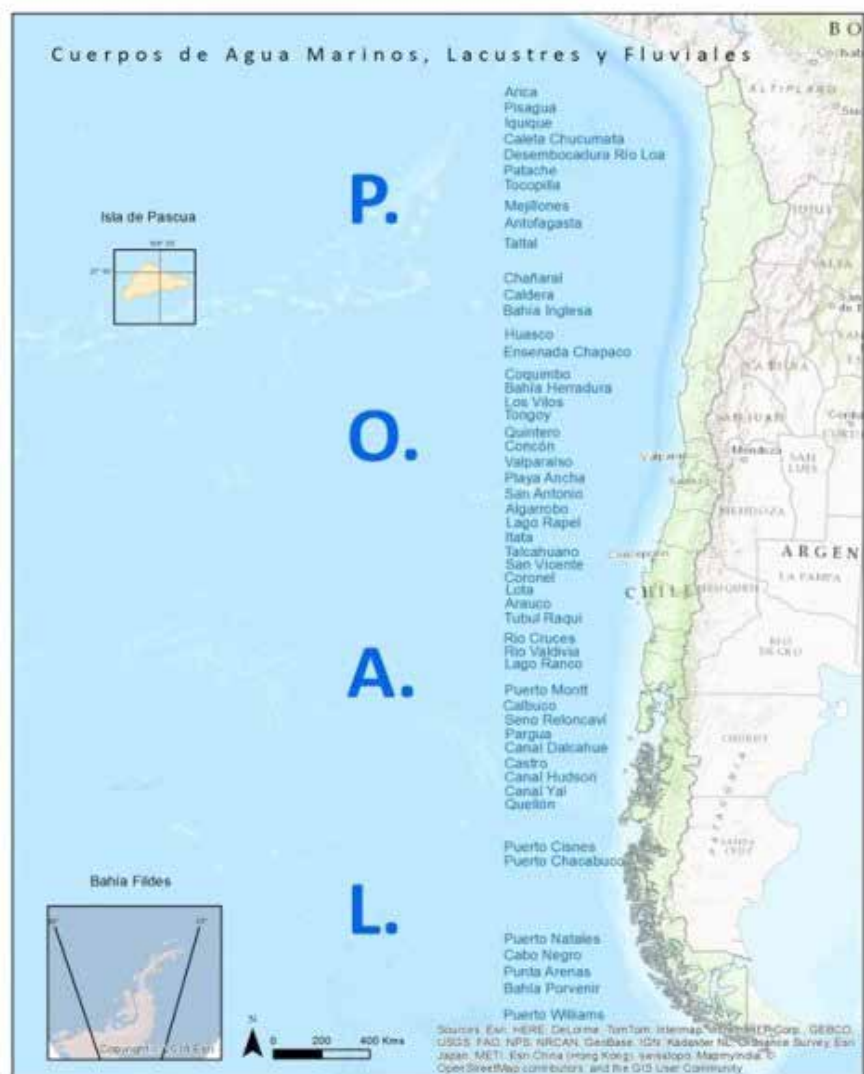
Muchas resultan ser las posibles fuentes de metales pesados a las aguas y sedimentos marinos, siendo una de ellas de origen litogénico o geoquímico a partir de los minerales que, por causas de erosión, lluvias, etc. son arrastradas al agua. No obstante, actualmente la mayor concentración es de origen antropogénico, es decir, debido a la actividad humana. La minería, los procesos industriales, los residuos domésticos son fuente importante de contaminación, que aportan metales al aire, a las aguas marinas y finalmente a los sedimentos marinos, que se constituyen en el depósito final de las sustancias introducidas al mar por procesos naturales y antrópicos.

Para determinar cómo ha evolucionado en el tiempo la condición de las aguas y sedimentos marino respecto a los metales pesados a nivel nacional, se ha considerado la información entregada por el Programa de Observación del Ambiente Litoral (POAL, <https://www.directemar.cl/directemar/intereses-maritimos/p-o-a-l-programa-de-observacion-del-ambiente-litoral/programa-de-observacion-del-ambiente-litoral-p-o-a-l>), que lleva a cabo la Dirección del Territorio y Marina Mercante (DIRECTEMAR,). La información disponible en la actualidad considera hasta el año 2017. Debe hacerse notar que desde el año 2015, el POAL eliminó dentro de los parámetros de seguimiento en aguas y sedimentos marinos, el cromo y el zinc, por lo que han sido omitidos en esta recopilación.

El POAL fue elaborado para monitorear las fluctuaciones anuales de los niveles de concentración de los principales componentes de desechos domésticos, industriales, de hidrocarburos de petróleo y compuestos orgánicos persistentes (COP's) en las bahías, lagos y ríos sometidos a la jurisdicción de la DIRECTEMAR (Figura 6.3).

- 177 Ahumada, R. 1994. Nivel de concentración y bioacumulación de metales pesados (Cd, Cr, Cu, Fe, Hg, Pb y Zn) en tejidos de organismos bénticos de bahía San Vicente. *Revista de Biología Marina*. Valparaíso. 29(1): 2-18.
- 178 Paredes, M. T. 1998. Determinación de metales pesados en dos especies de Bivalvos del estuario de Valdivia y la Bahía de Corral (X región) mediante análisis electrotrémico. Tesis, Escuela de Biología Marina, Facultad de Ciencias, Universidad Austral de Chile, 52 pp.
- 179 Harrison, P. & R. Hoare. 1980. *Metals in Biochemistry*, Chapman and Hall, London, Chap. 1.
- 180 Ryan, J. & Windom, H. 1988. A geochemical and statistical approach for assessing metal pollution in coastal sediments. In V. Seeliger, L. de Lacerda & S. Patchinellam (Eds.). *Metals in Coastal Environments of Latin America*. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, 567 pp.
- 181 Valette-Silver, N. 1993. The use of sediment cores to reconstruct historical trends in contamination of estuarine and coastal sediments. *Estuaries* 16: 577-588.

Figura 6.33 Cuerpos de agua monitoreados en POAL (DIRECTEMAR,



<https://www.directemar.cl/directemar/intereses-maritimos/p-o-a-l-programa-de-observacion-del-ambiente-litoral/programa-de-observacion-del-ambiente-litoral-p-o-a-l>

Este programa se focaliza principalmente en aquellos cuerpos de agua más usados o intervenidos en Chile considerando los efectos potenciales de dos grandes factores: las descargas de las actividades que se desarrollan en el entorno terrestre del cuerpo de agua (industrias, establecimientos de servicios sanitarios, etc.) y en los impactos producidos por las principales actividades que se llevan a cabo en el cuerpo de agua mismo (tales como pesca, acuicultura, balneario, navegación, etc.).

En las Figuras 6.34 y 6.35 se puede observar cómo han evolucionado las concentraciones de cadmio en las aguas y sedimentos marinos a nivel nacional, respectivamente. Claramente la situación de las aguas ha mejorado mucho en los últimos años (período 2015-2017). En todas las regiones en este último período se hallan bajo el límite de detección (LD) analítico (0,5 µg/L), valor menor al límite de calidad ambiental de la Tabla X.3 (valor crónico de 8,8 µg/L). La condición de los sedimentos también muestra una mejor condición. Sólo a modo comparativo, el promedio de todo el país en el período 2011-2014 fue de 1,06 mg/kg, mientras que en el período 2011-2014 fue de sólo 0,690 mg/kg, disminución de alrededor de un 35%, y que se encuentra muy por debajo del límite establecido en la Tabla 6.2 (valor PEL 4,21 mg/kg). Esta situación se repite en cada una de las regiones del país.

Figura 6.34 Concentraciones de cadmio en las aguas marinas.

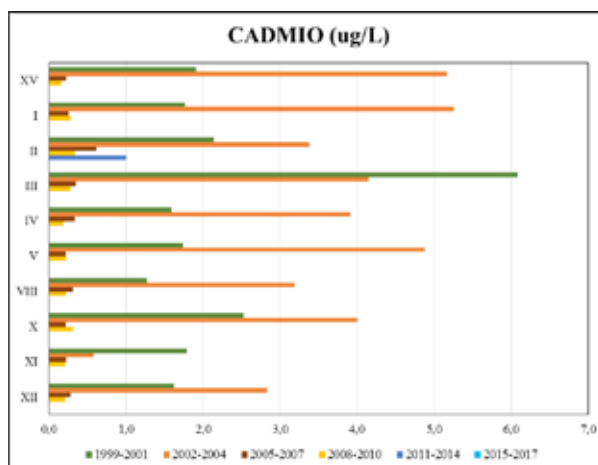
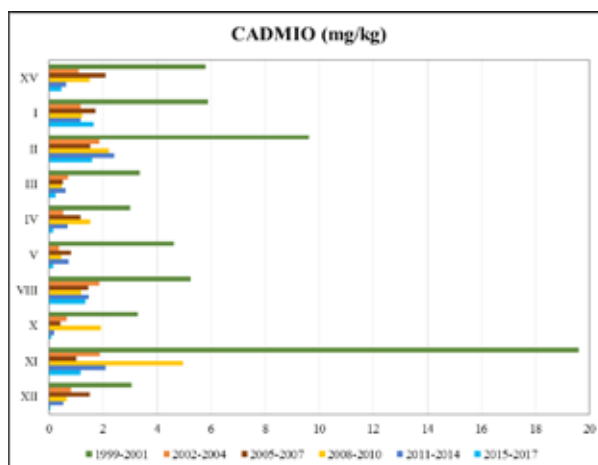


Figura 6.35 Concentraciones de cadmio en los sedimentos marinos.



El cobre, en tanto, ha presentado durante todos los períodos analizados, contenidos por sobre el límite de detección a nivel nacional, tanto en las aguas (Figura 6.36) como en los sedimentos (Figura 6.37). Esto no es de extrañar, dada la naturaleza eminentemente cuprífera del país. Específicamente en las aguas los niveles de cobre promedio del período 2015-2017 es el menor registrado desde que se lleva a cabo el POAL, alcanzado los 1,70 $\mu\text{g/L}$. Nótese que en los últimos tres períodos los valores promedio nacionales fueron de: 1999-2001: 38,03 $\mu\text{g/L}$, 2008-2010: 2,28 $\mu\text{g/L}$ y 2011-2014: 3,84 $\mu\text{g/L}$. El valor promedio nacional actual es menor al criterio ambiental sugerido (3,1 $\mu\text{g/L}$), valor que sólo se supera en la Región de Antofagasta (II Región, 3,91 $\mu\text{g/L}$). Los esfuerzos nacionales en la gestión ambiental para disminuir estos contenidos de cobre, por tanto, han surtido efecto, y claramente parte de ellos son reflejo de las condiciones orográficas propias del norte de Chile (caso de Antofagasta).

Los contenidos de cobre en los sedimentos presentan una situación similar a la descrita para las aguas. El valor promedio nacional de cobre en los sedimentos del actual período 2015-2017 alcanzó los 65,2 mg/kg, menos de la mitad de lo registrado en el lapso 2011-2014: 130,1 mg/kg, y muy lejanos de la concentración hallada entre 1999-2001: 10.179 mg/kg, o los informados entre 2005-2007: 9.577 mg/kg promedio nacional. La distribución de los contenidos de cobre en los sedimentos, en tanto, da cuenta del efecto acumulativo de las actividades de las mineras en el norte de Chile: el mayor promedio de cobre regional lo presentó la Región de Antofagasta, con 158,670 mg/kg. No obstante, se debe indicar que este valor representa una disminución notable respecto del anterior período 2011-2014, que resultó ser de 890,839 mg/kg para esta región. Otro aspecto relevante a destacar es que los contenidos promedio para las Regiones II, V y VIII superarían el valor del criterio ambiental recomendado (108 mg/kg), mientras que las restantes estarían bajo éste, mostrando una mejor condición.

Figura 6.36 Concentraciones de cobre en las aguas marinas.

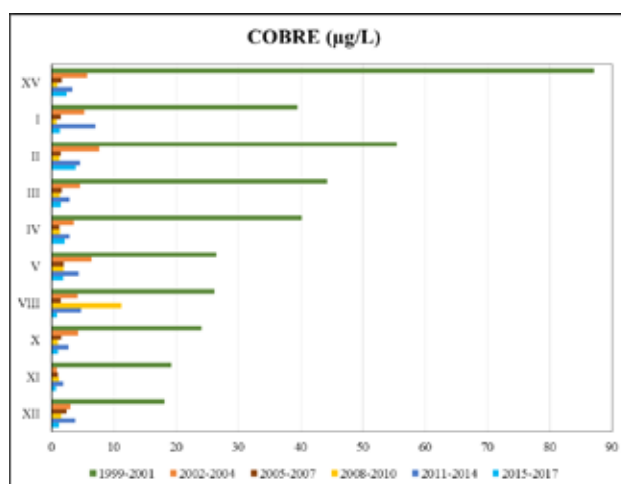
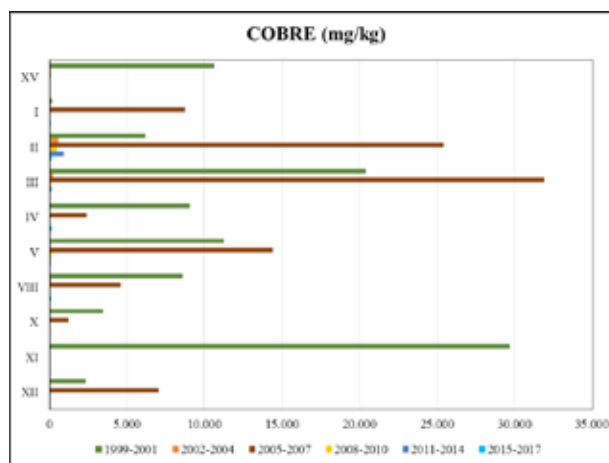


Figura 6.37. Concentraciones de cobre en los sedimentos marinos.



Respecto a los contenidos de mercurio en las aguas marinas, se han mantenido bajos en los últimos años, hallándose inferiores al límite de detección (LD) en el período 2015-2017, situación que se ha mantenido respecto a los períodos 2011-2014 y 2002-2010 (Figura 6.37). El único período en que se registraron valores por sobre el LD fue el de 1999-2001, 0,391 µg/L en la XII Región a 0,855 µg/L en la V Región. En la actualidad todos los valores registrados por el POAL en las aguas marinas nacionales dan cuenta de contenidos inferiores a 0,00025 µg/L (límite de detección analítica). Por lo anterior, claramente las aguas a nivel nacional se hallan bajo el criterio de calidad establecido a nivel internacional (0,94 µg/L). En los sedimentos el mercurio ha fluctuado a través de los años, habiéndose registrado en algunos períodos anteriores contenidos superiores al criterio ambiental propuesto (0,94 mg/kg). Es el caso de los períodos 1999-2001, 2008-2010 y 2015-2017 en la II Región (1,58 mg/kg, 1,69 mg/kg y 1,210 mg/kg, respectivamente), y la XV Región en el período 2005-2007: 1,58 mg/kg. En los últimos 4 años el promedio nacional fue de 0,189 mg/kg, algo mayor a los 0,116 mg/kg del período anterior; no obstante, se encuentra bajo el criterio ambiental internacional, lo que da cuenta de la mantención de la condición de los sedimentos marinos para el mercurio, situación que se reitera en todas las regiones.

Figura 6.38 Concentraciones de mercurio en las aguas marinas.

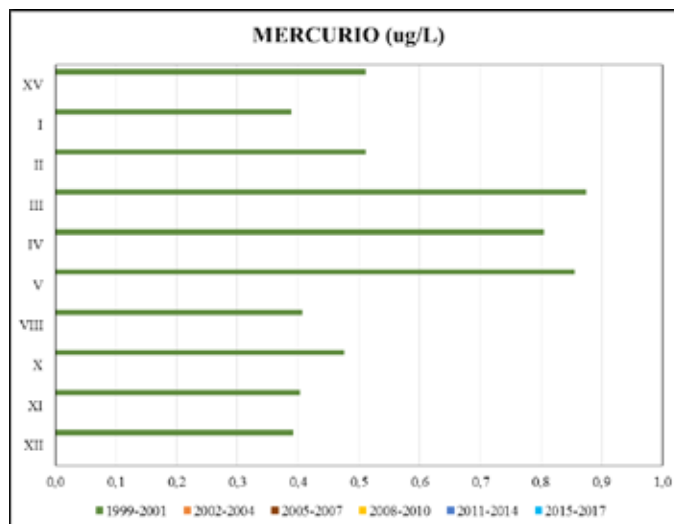
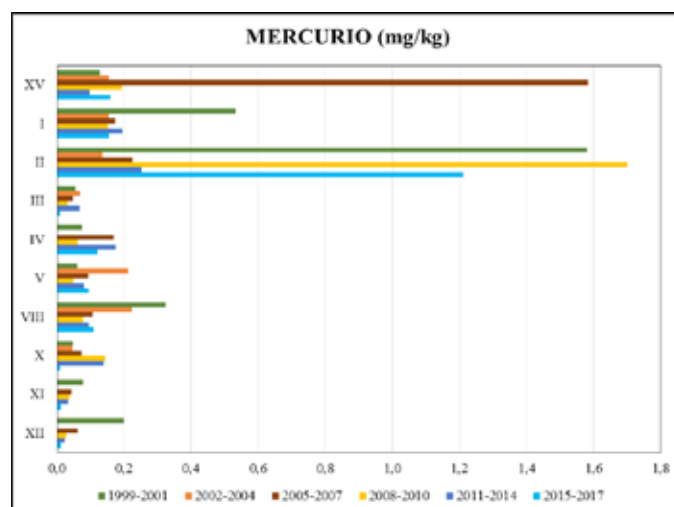


Figura 6.39 Concentraciones de mercurio en los sedimentos marino



Los contenidos de plomo en las aguas marinas, en tanto, han mostrada una clara disminución a través de los años (Tabla 6.40). En la actualidad la concentración promedio de plomo en las aguas marinas se encuentra bajo el límite de detección analítico (1,25 $\mu\text{g/L}$), en prácticamente todas las regiones, con la sola excepción de la Región I, que mostró un valor de 1,359 $\mu\text{g/L}$, ligeramente superior al LD, lo que da cuenta de la mantención en bajos valores de este metal traza en el cuerpo de agua marino nacional. Nótese, por ejemplo, que en el período 1999-2001, el contenido promedio nacional fue de 4,27 $\mu\text{g/L}$, mientras que en el período 2008-2010 fue de 0,67 $\mu\text{g/L}$, disminuyendo luego a concentraciones actuales bajo el LD en casi todas las regiones. Esto último indica que en la actualidad las aguas marinas del litoral nacional presentan contenidos de plomo bajo el criterio ambiental propuesto (Cuadro 6.40).

La situación de los sedimentos resulta, no obstante, discordante con la descrita para las aguas (Figura 6.40). En la actualidad los valores promedio nacional y regional, mostraron un aumento, hallándose el promedio nacional en 22,36 mg/kg. Este valor es superior al informado para el período 2008-2010 de 3,75 mg/kg y de los años 2011-2014 que alcanzó 0,375 mg/kg. Si bien los 22,36 mg/kg del actual período analizado es superior al de los 2 años anteriores, es claramente inferior al del período 1999-2001 donde el promedio nacional de plomo fue de 56,57 mg/kg. Esta condición de aumento se da en todas las regiones, las que han visto como las concentraciones de plomo en los sedimentos marinos aumentó entre los años 2015-2017. No obstante lo anterior, pese a esta alza registrada, es preciso recalcar que todos los promedios regionales (y por tanto el promedio nacional) de plomo, se encuentran por debajo del límite ambiental internacional sugerido (Cuadro 6.40, PEL: 112 mg/kg), por lo que no revestirían peligro para los organismos marinos que habitan esos fondos oceánicos.

Figura 6.40 Concentraciones de plomo en las aguas marinas.

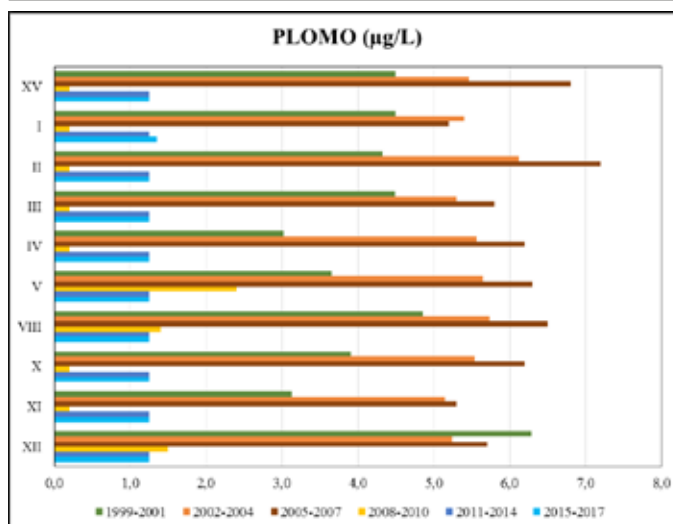
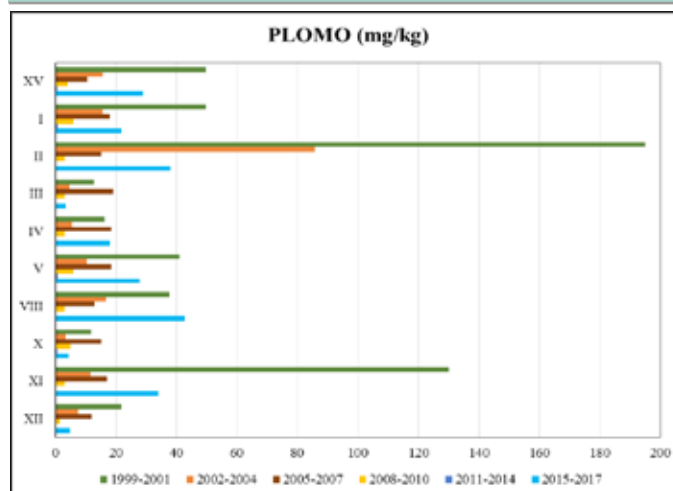


Figura 6.41 Concentraciones de plomo en los sedimentos marinos.



6.1.4.3 Contaminación por materia orgánica, nitrógeno y fósforo total

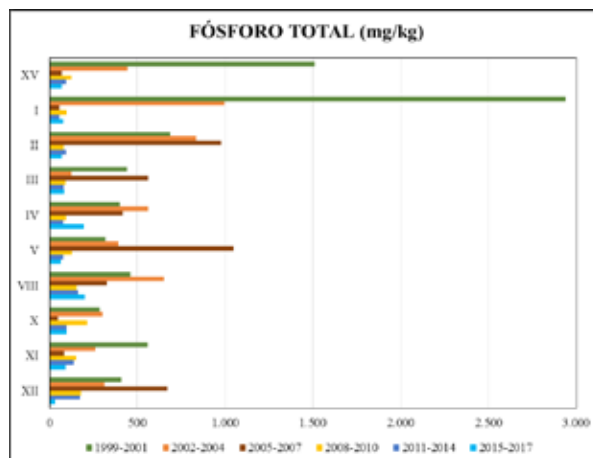
La materia orgánica es aquella que se encuentra conformada por moléculas orgánicas resultantes de los seres vivos y la podemos hallar en los animales y vegetales, en los organismos muertos y en los restos de alimentos. En su generalidad, la molécula orgánica está compuesta de carbono y forma enlaces carbono-carbono y carbono-hidrógeno; en algunos casos también pueden contener nitrógeno, azufre, fósforo, oxígeno, entre otros. La distribución de la materia orgánica en el mar es la resultante del gradiente de productividad biológica existente en la columna de agua, y de un ambiente de fondo que puede favorecer la preservación de sustancias orgánicas, debido a su baja concentración de oxígeno disuelto. Adicionalmente, como consecuencia secundaria, la actividad antrópica puede generar aportes de materia orgánica, y de los nutrientes fósforo y nitrógeno. De especial relevancia resulta esto en las regiones del sur de Chile donde la actividad de la acuicultura es muy importante. Aquí, esta actividad puede conllevar un incremento en el ingreso de materia orgánica al sedimento, debido principalmente al alimento no consumido y fecas que ella produce. En tanto, en regiones con alta actividad pesquera y mal sistema de tratamiento de aguas residuales, puede igualmente generar un aumento de nutrientes y materia orgánica a los sedimentos.

En este contexto, en la Figura 6.42 pueden visualizarse los contenidos de fósforo total en los sedimentos marinos a nivel nacional. Se puede apreciar que desde el período 1999-2001 a la actualidad, los niveles de este nutriente han disminuido fuertemente. Así, el promedio nacional de fósforo total en los sedimentos marinos entre los años 1999-2001 fue de 800,8 mg/kg, mientras que entre 2015-2017 fue de 97,89 mg/kg, una disminución de más de 8 veces. Un aspecto comparativamente interesante se puede desprender al calcular el promedio de fósforo total en los sedimentos marinos a nivel nacional (104,8 mg/kg), con el mismo de las regiones X y XI en

conjunto. Esta última quebró la tendencia que se había registrado los últimos años, siendo en este caso levemente inferior (94,28 mg/kg) al promedio nacional, reflejando una mejora y disminución del enriquecimiento orgánico de la zona de acuicultura. Sin embargo, en las Regiones III y IV, que también poseen cultivos, aunque no tan intensivos como en el sur de Chile, el promedio de fósforo total (139,62 mg/kg), presentó un aumento sustancial respecto al período anterior (78,91 mg/kg), siendo además superior al contenido promedio nacional.

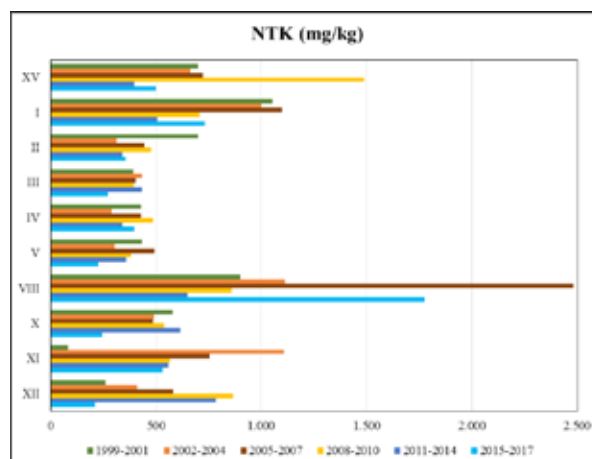
En cualquier caso, debe hacerse notar que el promedio nacional y los promedios regionales de fósforo total en los sedimentos resultan menores al criterio ambiental internacional sugerido (600 mg/kg, Tabla 6.2).

Figura 6.42 Concentraciones de fósforo total en los sedimentos marinos.



Por su parte, las concentraciones promedio de nitrógeno total Kjeldahl (NTK) en los sedimentos marinos se detallan en la Figura 6.43. Debe hacerse hincapié que el nitrógeno total Kjeldahl refleja la cantidad total de nitrógeno en los sedimentos, suma del nitrógeno orgánico en sus diversas formas (proteínas y ácidos nucleicos en diversos estados de degradación, urea, aminos, etc.). Los valores de NTK no han variado ostensiblemente, como promedios nacionales, durante todos los años analizados. Estos han oscilado entre 499,5 mg/kg el último período 2011-2014 y 676,8 mg/kg en el período anterior 2008-2010. En el período actual (2015-2017) el promedio de NTK fue de 524,1 mg/kg. No obstante, el análisis por región muestra como la VIII Región ha sido históricamente la que ha presentado los mayores niveles de NTK. Esto se vincula, probablemente, con los graves problemas de contaminación marina por riles en Talcahuano y San Vicente, que como se mencionó anteriormente, alcanzaron sus niveles críticos con las industrias pesqueras que operaron en Canal El Morro o Rocuant y Bahía de San Vicente, vertiendo sus riles al medio marino (a veces directamente sobre las playas) (EULA, 2014). Si bien hoy en día la situación ha cambiado, los contenidos de NTK en la VIII Región siguen siendo altos respecto al promedio nacional (1.773,6 mg/kg), valor más de 3 veces mayor que el promedio nacional (524,1 mg/kg). Lo anterior se refleja igualmente en el estado ambiental de los sedimentos respecto a este parámetro: al comparar los niveles de NTK con la guía internacional, se aprecia que si bien el promedio nacional es menor a esta guía (550 mg/kg, Tabla X.2), varias regiones se hayan sobre este límite: I y VIII. Debe considerarse que la situación de la XII Región se aleja de las restantes, pues el contenido de nitrógeno se vincularía a aportes naturales, más que antrópicos, alcanzado un promedio regional de sólo 208,9 mg/kg.

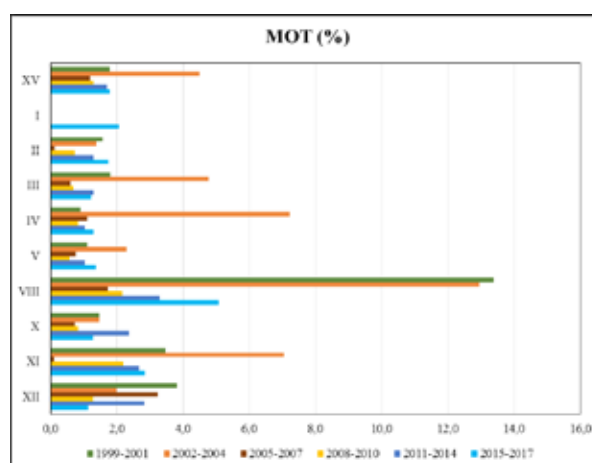
Figura 6.43 Concentraciones de nitrógeno total Kjeldahl (NTK) en los sedimentos marinos



Finalmente, en la Figura 6.44 es posible observar la evolución en el tiempo por región, de los contenidos de materia orgánica total (MOT) en los sedimentos. Se aprecia una baja marcada a lo largo de los años: en el período 1999-2001 el promedio nacional fue de 3,4%, disminuyendo a 1,99% para los años 2015-2017. El valor promedio del actual período resultó muy similar al de 2011-2014: 1,98 mg/kg. En tanto, a nivel regional, si bien se aprecian fluctuaciones, en todos los casos los valores promedios de MOT han disminuido notablemente desde el período 1999-2001 y 2002-2004. Destaca, en esta oportunidad, que el promedio de la X y XI Regiones en conjunto (2,07%) se encuentra muy cercano al promedio nacional de MOT sedimentario (1,99%), y representa, además, una baja respecto al período 2011-2014: 2,52%, lo que da cuenta de una mejoría de los sedimentos marinos respecto a los contenidos de MOT de las 2 regiones en donde se concentra la acuicultura en Chile. Al contrario de esta situación, la VIII Región registró un aumento de la MOT desde 3,29% (2011-2014) a 5,08% (2015-2017). Si bien el valor promedio regional del período 2015-2017 dista mucho de los 13,38% y 12,94% registrados en los períodos 1999-2001 y 2002-2004, respectivamente. Esta situación se deberá verificar en los años siguientes.

En síntesis, en general, los datos antes mencionados muestran cómo ha disminuido en el tiempo los contenidos de MOT sedimentario, especialmente en la X Región. No obstante, la comparación de los promedios regionales con el valor propuesto como criterio internacional (Cuadro 6.2), dan cuenta que en la mitad de las regiones analizadas (XV, I, II, VIII y XI Regiones), la concentración promedio de MOT supera los 1,724% establecidos como referencia.

Figura 6.44 Concentraciones de materia orgánica total (MOT) en los sedimentos marinos.



6.1.4.4 Contaminación por PCB e hidrocarburos aromáticos y totales

Los bifenilos policlorados, conocidos por las siglas PCB (en inglés) o BPC (en español, aunque menos extendida), son un grupo de sustancias químicas sintéticas. Todos los PCB son sustancias sintéticas con una estructura básica similar. Contienen átomos de carbono, hidrógeno y cloro. El gran número de combinaciones posibles de estos átomos permite formar 209 tipos diferentes de PCB, algunos más perjudiciales que otros.

Los PCB se utilizan en una amplia gama de productos, como aparatos eléctricos, revestimientos de superficies, tintas, adhesivos, pirorretardantes y pinturas. Los PCB pueden liberarse al medio ambiente, por ejemplo, al incinerar o almacenar en vertederos residuos que los contienen. Cerca del 10% de los PCB fabricados desde 1929 siguen presentes en el medio ambiente. Hoy en día, la fabricación y utilización de PCB está prohibida o sometida a restricciones importantes en muchos países, debido a su posible impacto sobre la salud y el medio ambiente. Los PCB son, por lo general, muy estables, lo que explica su persistencia en el medio ambiente. A temperaturas altas, los PCB pueden arder y generar subproductos peligrosos como las dioxinas. Los PCB no suelen evaporarse o disolverse en el agua con facilidad. Sin embargo, son muy solubles en grasas y sustancias análogas, lo que explica su capacidad para acumularse en la grasa animal y a lo largo de la cadena alimentaria (ATSDR, 1995¹⁸²).

Por su parte, los hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAPs), también conocidos como polinucleares aromáticos, son un grupo de más de 100 sustancias químicas diferentes persistentes, constituidas por dos o más anillos bencénicos, de baja solubilidad en agua, baja presión de vapor y con afinidad por la fracción húmica del detritus (Kim et al. 1999¹⁸³). Proviene tanto de fuentes naturales como antrópicas. Como fuentes naturales de HAP se cuenta, por ejemplo: biosíntesis y diagénesis de detritus (Kennish 1992¹⁸⁴) y como fuentes antrópicas: quema de combustibles, incendios forestales y desechos municipales. Su acumulación en los sedimentos representa un riesgo para la salud y los ecosistemas acuáticos, dado que han sido definidos como tóxicos, mutagénicos y/o cancerígenos (Rudolph et al. 2001¹⁸⁵).

La información con que se cuenta para evaluar la evolución de los hidrocarburos en el contexto del POAL, corresponde a los Bifenilos Policlorados (PCB), los Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (HAP) y Totales (HCT). Las concentraciones de HAP en las aguas marinas se han mantenido bajo el límite de detección analítico (0,1 µg/L) en el período 2015-2017, conservando así la buena condición ambiental destacada para este parámetro, si se le compara con la guía internacional para HAP que considera un valor de toxicidad aguda de 300 µg/L (Tabla X.3). Sólo una excepción se produjo el año 2012 en el que sólo una muestra registro una concentración de 0,65 ppb en bahía San Vicente (VIII región). Por su parte, los datos del POAL muestran ausencia de PCB en sedimentos para el período 2015-2017.

Por otro lado, los Hidrocarburos Totales (HCT) en sedimento (Figura 6.48) muestran claros indicios de alzas en 7 de las 10 regiones para las cuales se cuenta con información en el período 2015-2017. Esto se reflejó en el promedio nacional, el cual aumentó desde 41,4 mg/kg en el período 2011-2014 a 86,673 mg/kg para 2015-2017. Las mayores alzas regionales las presentaron la VIII y X Regiones, que aumentaron un 3,5 y 3,4 veces, respectivamente, respecto del período anterior. También resultó relevante que la Región XV aumentó en 2,5 su contenido promedio de hidrocarburos en los sedimentos entre el período 2011-2014 al 2015-2017. La V Región también mostró un alza importante, duplicando el valor promedio de hidrocarburos en sedimentos respecto al anterior período. Si bien a nivel mundial ha habido una disminución de derrames al medio marino, de acuerdo a lo señalado por la International Tanker Owners Pollution Federation (ITOPF, 2018¹⁸⁶), eventos puntuales de vertidos o derrames, informados o no por las diversas actividades que hacen uso del borde costero, puede que estén influyendo en las alzas de las concentraciones de hidrocarburos presentes en los sedimentos verificados en el último período 2015-2017 revisado en este informe.

182 Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades (ATSDR). 1995. *Reseña Toxicológica de los Hidrocarburos aromáticos policíclicos* (en inglés). Atlanta, GA: Departamento de Salud y Servicios Humanos de EE. UU., Servicio de Salud Pública.

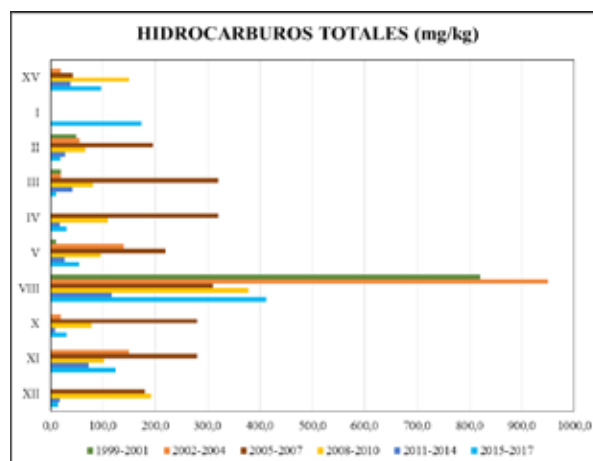
183 Kim, G.B., K.A. Maruya, R.F. Lee, J.H. Lee, C.H. Koh & S. Tanabe. Distribution and sources of polycyclic aromatic hydrocarbons in sediments from Kyeonggi Bay, Korea. *Mar. Pollut. Bull.* 38: 7-15.

184 Kennish, M.J. 1992. *Ecology of Estuaries: Anthropogenic Effects*. Marine Science Series CRC Press, Florida: 494 pp.

185 Rudolph, A., R. Yañez & L. Troncoso. 2001. Effects of exposure of *Oncorhynchus mykiss* to the water-accommodated fraction of petroleum hydrocarbons. *Bull. Environ. Contam. Toxicol* 66:400-406.

186 International Tanker Owners Pollution Federation (ITOPF). 2018. *Oil Tanker Spill Statistics 2018*. <http://www.itopf.com/knowledge-resources/data-statistics/statistics/>. Visitado el 05 de agosto de 2019.

Figura 6.45 Concentraciones de hidrocarburos totales (HCT) en los sedimentos marinos



6.1.4.5 Contaminación por macroplásticos y microplásticos

• Conceptos generales

De acuerdo con el Programa para el Medio Ambiente de las Naciones Unidas (UNEP en sus siglas en inglés) la “basura marina” engloba cualquier material manufacturado o procesado sólido y persistente, eliminado o abandonado en la costa o en el mar. Esta misma institución estima que entran en el océano cada año entre 6, 4 y 8 millones de toneladas de basuras marinas (UNEP 2006, Jambeck et al. 2015). Los desechos antropogénicos se están acumulando en los ecosistemas marinos de todo el mundo. Se encuentra en la superficie del mar (Pichel et al. 2007¹⁸⁷), en playas de arena (Santos et al. 2009¹⁸⁸) y en las profundidades del mar (Lee et al. 2006¹⁸⁹).

A pesar de que existen diversos tipos de basuras marinas, tales como vidrio, papel, cartón, metal, tela, residuos relacionados con la pesca, municiones, madera, filtros de cigarrillos, residuos sanitarios provenientes de aguas residuales, cuerdas, juguetes (UNEP 2011¹⁹⁰), múltiples estudios han constatado que entre el 60 y el 80% de los desechos antropogénicos marinos está compuesto por artículos de plástico (Derraik 2002¹⁹¹).

Los residuos de plástico (principal componente de las basuras marinas) se pueden diferenciar en macroplásticos y microplásticos. Estos últimos derivan de la fragmentación gradual de objetos más grandes, principalmente por la acción de la radiación solar intensa (Andrady 2011¹⁹²), aunque también pueden aportar otros mecanismos físicos como mecanización de las olas o efectos de temperatura; y degradaciones químicas (oxidación, hidrólisis) y reducir el plástico a partículas y fibras más pequeñas, muchas veces indetectables para el ojo humano (Barnes 2002¹⁹³). También hay una contribución considerable de pequeños desechos plásticos de fuentes primarias, como pellets industriales (Takada 2006¹⁹⁴) y pequeñas piezas de plástico utilizadas en cosméticos (Fendall & Sewell 2009¹⁹⁵).

Actualmente, no hay consenso sobre el rango de tamaños para la definición de microplásticos (Thompson 2015¹⁹⁶). De manera general, los microplásticos comprenden todas aquellas partículas de plástico con un tamaño inferior a 5 mm (Arthur et al. 2009, GESAMP

187 Pichel, W.G., Churnside, J.H., Veenstra, T.S., Foley, D.G., Friedman, K.S., Brainard, R.E., Nicoll, J.B., Zheng, Q., Clemente-Colón, P., 2007. Marine debris collects within the North Pacific subtropical convergence zone. *Marine Pollution Bulletin* 54, 1207-1211.

188 Santos, I.R., Friedrich, A.C. & J.A. Ivar do Sul. 2009. Marine debris contamination along undeveloped tropical beaches from northeast Brazil. *Environmental Monitoring and Assessment* 148, 455-462.

189 Lee, D.I., Cho, H.S., Jeong, S.H., 2006. Distribution characteristics of marine litter on the sea bed of the East China Sea and the South Sea of Korea. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 70, 187-194.

190 UNEP, 2011. Assessment of the Status of Marine Litter, in the Mediterranean. United Nations Environmental Program, Athens.

191 Derraik, J.G.B. 2002. The pollution of the marine environment by plastic debris: a review. *Marine Pollution Bulletin* 44, 842-852.

192 Andrady, A.L. 2011. Microplastics in the marine environment. *Marine Pollution Bulletin* 62, 1596-1605.

193 Barnes, D.K.A. 2002. Biodiversity: invasions by marine life on plastic debris. *Nature* 416:808-809.

194 Takada H. 2006. Call for pellets! International pellet watch global monitoring of POPs using beached plastic resin pellets. *Marine Pollution Bulletin*, 52(12), 1547-1548.

195 Fendall, L.S. & M.A. Sewell. 2009. Contributing to marine pollution by washing your face: Microplastics in facial cleansers. *Marine Pollution Bulletin* 58, 1225-1228.

196 Thompson, R. C. 2015. Microplastics in the marine environment: Sources, consequences and solutions. In M. Bergmann, L. Gutow & M. Klages (Eds.), *Marine anthropogenic litter* (pp. 185-200). Berlin: Springer.

2015¹⁹⁷), si bien hay autores que aplican la misma norma a partículas <2 mm, de <1 mm, o incluso de <500 µm (Claessens et al. 2011¹⁹⁸). Andrady (2011) sugiere emplear tres términos diferentes para tres rangos de tamaño por debajo de los 5 mm en función de las distintas características físicas y los impactos biológicos que éstos ocasionan: mesoplásticos (500 µm – 5 mm), microplásticos (50-500 µm) y nanoplásticos (<50 µm).

Independiente de las denominaciones por tamaño, se ha planteado además una clasificación adicional de los microplásticos, dividiéndolos en microplásticos primarios y secundarios. Los microplásticos primarios corresponderían a aquellos que ya son manufacturados con un tamaño microscópico (Cole et al. 2011¹⁹⁹, Zitko & Hanlon 1991²⁰⁰). Rojo-Nieto & Montoto (2017) destacan dentro de estos las microesferas (<500 µm) contenidas en algunos productos de cosmética, las mezclas utilizadas para el arenado/granallado (Zitko & Hanlon 1991, Gregory 1996²⁰¹), y los microplásticos empleados como vectores de medicamentos (Patel et al. 2009²⁰²), así como los empleados para la impresión en 3D.

Por otro lado, los microplásticos secundarios son aquellos productos de plástico de mayor tamaño que, una vez manufacturados, bien en la superficie del mar, en las playas o en otros ambientes, están expuestos a condiciones externas como la radiación solar (UV), entre otras, que causarán la degradación de los mismos (Andrady 2011). Esta degradación lleva asociada la decoloración de los plásticos, el desarrollo de erosiones varias en su superficie y un aumento de su fragilidad. Forma parte de este tipo de la fragmentación de las fibras sintéticas al lavar la ropa, o y la degradación de macroplásticos por diferentes procesos químicos, biológicos y físicos. De acuerdo a Browne et al. (2011²⁰³) en un solo lavado de prendas sintéticas se pueden liberar más de 1900 fibras de microplásticos, que llegarían a los océanos a través de los efluentes de aguas residuales.

• Efectos en los organismos marinos y el ser humano

De acuerdo con Deudero & Alomar (2015²⁰⁴), los organismos marinos se han adaptado a las fluctuaciones de las condiciones ambientales (temperatura, pH, salinidad, CO₂, carbonatos, etc.) y sus mecanismos fisiológicos han evolucionado para hacer frente a los cambios que se producen a través del tiempo geológico. Sin embargo, los desechos marinos, especialmente los plásticos, son sustancias nuevas, duraderas en la naturaleza, que sólo han estado presentes durante menos de 100 años. Por lo tanto, aún no se ha producido la adaptación de los organismos a estos materiales, si bien los utilizan como hábitat permanente. En dicho contexto, Zettler et al. (2013²⁰⁵) han comenzado a utilizar el término “plastisfera” para referirse a los ecosistemas que han evolucionado para vivir en entornos plásticos hechos por el hombre. Sobre estos materiales, generalmente constituidos por plástico de polietileno y polipropileno, se desarrollan diversas comunidades microbianas de heterótrofos, autótrofos, depredadores y simbioses. Reisser et al. (2014²⁰⁶) lista un conjunto de diatomeas epiplásticas presentes en restos de plásticos analizados por microscopía electrónica, mencionando géneros como *Navicula* sp., *Nitzschia* sp., *Cocconeis* sp., *Achnanthes* sp. y *Thalassiosira* sp., entre otros, así como un conjunto diverso de invertebrados epiplásticos, incluyendo colonias de briozoos, isópodo como *Asellota*, huevos del insecto marino *Halobates* sp., gusanos marinos, entre otros.

No obstante lo anterior, la literatura científica es extensa en mencionar los efectos que pueden o ya están produciendo los macro y microplásticos en los organismos marinos. Los macroplásticos se asocian generalmente a animales muertos, debilitados o varados como consecuencia de enmallamientos y atrapamientos, sofocación, o ingestión de estos materiales no biodegradables (Gregory 2009). Laist (1997) publicó una revisión global de los enmallamientos de especies marinas con basuras. En su estudio identificó 136 especies afectadas en todo el mundo, si bien desde entonces la cifra no ha parado de crecer. La última revisión de Gall & Thompson (2015²⁰⁷) aumentó la cifra a 693 especies afectadas, de las cuales el 17% están incluidas como amenazadas o casi amenazadas en la

- 197 GESAMP. 2015. Sources, fate and effects of microplastics in the marine environment: a global assessment. (Kershaw, P.J., ed.). (IMO/FAO/UNESCO-IOC-UNIDO/WMO/IAEA/UN/UNEP/UNDP Joint Groups of Experts on the Scientific Aspects of Marine Environmental Protection). Rep Stud. GESAMP No. 90, 96 p.
- 198 Claessens, M., Meester, S.D., Landuyt, L.V., Clerck, K.D. & C.R. Janssen. 2011. Occurrence and distribution of microplastics in marine sediments along the Belgian coast. *Mar. Pollut. Bull.* 62, 2199–2204.
- 199 Cole M., Lindeque P., Halsband C. & T.S. Galloway. 2011. Microplastics as contaminants in the marine environment: A review. *Marine Pollution Bulletin* 62, 2588–2597.
- 200 Zitko, V. & Hanlon, M. 1991. Another source of pollution by plastics—skin cleaners with plastic scrubbers. *Marine Pollution Bulletin*, 22, 41–42.
- 201 Gregory, M. R. 1996. Plastic ‘scrubbers’ in hand cleansers: a further (and minor) source for marine pollution identified. *Marine Pollution Bulletin*, 32, 867–871.
- 202 Patel, M.M., Goyal, B.R., Bhadada, S.V., Bhatt, J.S. & A.F. Amin. 2009. Getting into the Brain. Approaches to enhance Brain Drug Delivery. *CNS Drugs*; 23, 1; *Health & Medical Collection* pp 35.
- 203 Browne, M.A., Crump, P., Niven, S.J., Teuten, E., Tonkin, A., Galloway, T. & R. Thompson. 2011. Accumulation of microplastic on shorelines worldwide: sources and sinks. *Environ. Sci. Technol.* 45, 9175–9179.
- 204 Deudero, S. & C Alomar C. 2015. Mediterranean marine biodiversity under threat: Reviewing influence of marine litter on species. *Marine Pollution Bulletin*, 98, 58-68.
- 205 Zettler, E., T. Mincer & L. Amaral-Zettler. 2013. Life in the “Plastisphere”: Microbial Communities on Plastic Marine Debris. *Env.Sci.&Tech.*: DOI: 10.1021/es401288x.
- 206 Reisser, J., Shaw, J., Hallegraeff, G., Proietti, M., Barnes, D.K., Thums, M., et al. 2014. Millimeter-sized marine plastics: a new pelagic habitat for microorganism sand invertebrates. *PLoS ONE* 9:e100289. doi:10.1371/journal.pone.0100289.
- 207 Gall, S.C. & R.C. Thompson. 2015. The impact of debris on marine life. *Marine Pollution Bulletin* 92, 170-179.

lista roja de la IUCN (<https://www.iucnredlist.org/>). Sin embargo, los organismos marinos se ven afectados de distintas formas. Así, por ejemplo, las tortugas marinas son susceptibles de enredos en aparejos, tanto en su fase adulta como en las playas al salir de los nidos, en su trayecto hacia el mar (Bugoni et al. 2001²⁰⁸, Kasperek, 1995²⁰⁹). En el caso de las aves marinas, los enredos se suelen dar alrededor del propio pico, o las alas y las patas, con lo cual dificulta o imposibilita su alimentación o desplazamiento (Buxton et al. 2013²¹⁰, Rodríguez et al. 2013²¹¹). Las ballenas y delfines, en tanto, suelen quedar atrapados alrededor de la cabeza y las aletas, mientras que las focas se ven afectadas generalmente por enredo con redes abandonadas, a menudo alrededor de la cabeza y las patas delanteras (Moore et al. 2013²¹², Van der Hoop et al. 2013²¹³, Waluda 2013²¹⁴, Raum-Suryam et al. 2009²¹⁵, Hanni & Pyle 2000²¹⁶, Page et al. 2004²¹⁷, Boren et al. 2006²¹⁸, Allen et al. 2012²¹⁹). Finalmente, los organismos bentónicos móviles suelen caer en trampas abandonadas en los fondos marinos (Bilkovic et al. 2014²²⁰, Anderson & Alford 2014²²¹, Adey et al. 2008²²², Erzini et al. 2008²²³, Antonelis et al. 2011²²⁴, Kim et al. 2014²²⁵, Uhrin et al. 2014²²⁶). Asimismo, los invertebrados pueden ingerir pequeños desechos plásticos, como gusanos, percebes y mejillones (por ejemplo, Thompson et al. 2004, Browne et al. 2008, Ward & Kach 2009²²⁷, Von Moos et al. 2012²²⁸), así como vertebrados grandes, como peces, pájaros y mamíferos (por ejemplo, Jacobsen et al. 2010²²⁹, Provencher et al. 2010²³⁰, Davison & Asch 2011²³¹).

Adicionalmente, se están investigando activamente nuevos efectos ecológicos de estos elementos de plástico en el medio marino. Por ejemplo, los fragmentos de plástico pueden hacer de “transportadores” de otras especies, desplazándolas horizontalmente o verticalmente en la columna de agua y haciéndolas llegar a nuevos ecosistemas (Gregory 2009), facilitando nuevos hábitats para

- 208 Bugoni, L., Krause, L., & M.V. Petry. 2001. Marine debris and human impact on sea turtles in southern Brazil. *Marine Pollution Bulletin*, 42(12), 1330–1334.
- 209 Kasperek, M. 1995. The nesting of marine turtles on the coast of Syria. *Zoology in the Middle East*, 11, 51–62.
- 210 Buxton, R.T.; Currey, C.A.; O'B Lyver, P. & C.J Jones. 2013. Incidence of plastic fragments among burrow-nesting seabird colonies on offshore islands in northern New Zealand. *Marine Pollution Bulletin*, 74, 420–424.
- 211 Rodríguez, B., Bécares, J., Rodríguez, A., & J.M. Arcos. 2013. Incidence of entanglement with marine debris by northern gannets (*Morus bassanus*) in the non-breeding grounds. *Marine Pollution Bulletin*, 75, 259–263.
- 212 Moore, M., Andrews, R., Austin, T., Bailey, J., Costidis, A., George, C., Jackson, K., Pitchford, T., Landry, S., Ligon, A., McLellan, W., Morin, D., Smith, J., Rotstein, D., Rowles, T., Slay, C. & M Walsh. 2013. Rope trauma, sedation, disentanglement, and monitoring-tag associated lesions in a terminally entangled North Atlantic right whale (*Eubalaena glacialis*). *Marine Mammal Science*, 29, E98–E113.
- 213 Van der Hoop, J., Moore, M., Fahlman, A., Bocconcelli, A., George, C., et al. 2013. Behavioural impact of disentanglement of a right whale under sedation and the energetic costs of entanglement. *Marine Mammal Science*, 30, 282–307.
- 214 Waluda, C. M., & Staniland, I. J., 2013. Entanglement of Antarctic fur seals at Bird Island, South Georgia. *Marine Pollution Bulletin*, 74, 244–252.
- 215 Raum-Suryam, K.L.; Jemison, L.A.; Pitcher, K.W., 2009. Entanglement of Steller sea lions (*Eumetopias jubatus*) in marine debris: Identifying causes and finding solutions. *Marine Pollution Bulletin*, 58, 1487–1495.
- 216 Hanni, K. D., & Pyle, P., 2000. Entanglement of pinnipeds in synthetic materials at South-east Farallon Island, California, 1976–1998. *Marine Pollution Bulletin*, 40, 1076–1081.
- 217 Page, B., McKenzie, J., McIntosh, R., Baylis, A., Morrissey, A., Calvert, N., Haase, T., Berris, M., Dowie, D., Shaughnessy, P.D. & S.D. Goldsworthy. 2004. Entanglement of Australian sea lions and New Zealand fur seals in lost fishing gear and other marine debris before and after government and industry attempts to reduce the problem. *Marine Pollution Bulletin*, 49, 33–42.
- 218 Boren, L. J., Morrissey, M., Muller, C. G., & Gemmell, N. J., 2006. Entanglement of New Zealand fur seals in manmade debris at Kaikoura, New Zealand. *Marine Pollution Bulletin*, 52, 442–446.
- 219 Allen, R., Jarvis, D., Sayer, S., & Mills, C., 2012. Entanglement of grey seals, *Halichoerus grypus*, at a haul out site in Cornwall, UK. *Marine Pollution Bulletin*, 64, 2815–2819.
- 220 Bilkovic, D. M., Havens, K., Stanhope, D., & K. Angstadt. 2014. Derelict fishing gear in Chesapeake Bay, Virginia: Spatial patterns and implications for marine fauna. *Marine Pollution Bulletin*, 80, 114–123.
- 221 Anderson, J. A., & A.B. Alford. 2014. Ghost fishing activity in derelict blue crab traps in Louisiana. *Marine Pollution Bulletin*, 79, 261–267.
- 222 Adey, J., Smith, I., Atkinson, R. J. A., Tuck, I. & A. Taylor. 2008. Ghost fishing of target and non-target species by Norway lobster, *Nephrops norvegicus*, creels. *Marine Ecology Progress Series*, 366, 119–127.
- 223 Erzini, K., Bentes, L., Coelho, R., Lino, P. G., Monteiro, P., Ribeiro, J. & J.M.S Gonçalves. 2008. Catches in ghost-fishing octopus and fish traps in the northeastern Atlantic Ocean (Algarve, Portugal). *Fishery Bulletin*, 106, 321–327.
- 224 Antonelis, K., Huppert, D., Velasquez, D., & J. June. 2011. Dungeness crab mortality due to lost traps and a costbenefit analysis of trap removal in Washington state waters of the Salish Sea. *North American Journal of Fisheries Management*, 31, 880–893.
- 225 Kim, S.G., Lee, W.-I. L., & M. Yuseok. 2014. The estimation of derelict fishing gear in the coastal waters of South Korea: Trap and gill-net fisheries. *Marine Policy*, 46, 119–122.
- 226 Uhrin, A. V., Matthews, T. & C. Lewis., 2014. Lobster trap debris in the Florida Keys National Marine Sanctuary: Distribution, abundance, density and patterns of accumulation. *Management and Ecosystem Science*, 6, 20–32.
- 227 Ward, J.E., Kach, D.J., 2009. Marine aggregates facilitate ingestion of nanoparticles by suspension-feeding bivalves. *Marine Environmental Research* 68, 137–142. Laist, D. W. 1997. Impacts of marine debris: Entanglement of marine life in marine debris including a comprehensive list of species with entanglement and ingestion records. In J. M. Coe, & D. B. Rogers (Eds.), *Marine debris: sources, impacts, and solutions* (pp. 99–139). New York: Springer.
- 228 Von Moos, N., Burkhardt-Holm, P., Köhler, A., 2012. Uptake and effects of microplastics on cells and tissue of the blue mussel *Mytilus edulis* L. after an experimental exposure. *Environmental Science and Technology* 46, 11327–11335.
- 229 Jacobsen, J.K., Massey, L. & F. Gulland. 2010. Fatal ingestion of floating net debris by two sperm whales (*Physeter macrocephalus*). *Marine Pollution Bulletin* 60, 765–767.
- 230 Provencher, J.F., Gaston, A.J., Mallory, M.L., O'hara, P.D., Gilchrist, H.G., 2010. Ingested plastic in a diving seabird, the thick-billed murre (*Uria lomvia*), in the eastern Canadian Arctic. *Marine Pollution Bulletin* 60, 1406e1411.
- 231 Davison, P., Asch, R.G., 2011. Plastic ingestion by mesopelagic fishes in the North Pacific Subtropical Gyre. *Marine Ecology Progress Series* 432, 173–180.

especies donde de otra manera no se desarrollarían (Kiessling et al. 2015²³²). En tanto, en las zonas intermareales, la acumulación de basuras marinas puede reducir la penetración de la luz afectando a la vegetación que, debajo del agua, la necesita (Viehman et al. 2011²³³, Uhrin & Schellinger 2011²³⁴). Además, los fragmentos de plástico en las playas arenosas causan cambios en la permeabilidad y la transferencia de calor entre los granos de sedimentos, lo que podría afectar a los organismos de las playas (Carson et al. 2011²³⁵). Por otro lado, la acumulación en el fondo puede generar zonas de sedimento anóxicas, sofocando a las algas, fanerógamas y especies marinas que habitan en el fondo, pudiendo producir mortalidad de organismos en grandes zonas del fondo marino (Uhrin et al. 2005²³⁶, Moore 2008²³⁷, Gregory 2009, Green et al. 2015²³⁸).

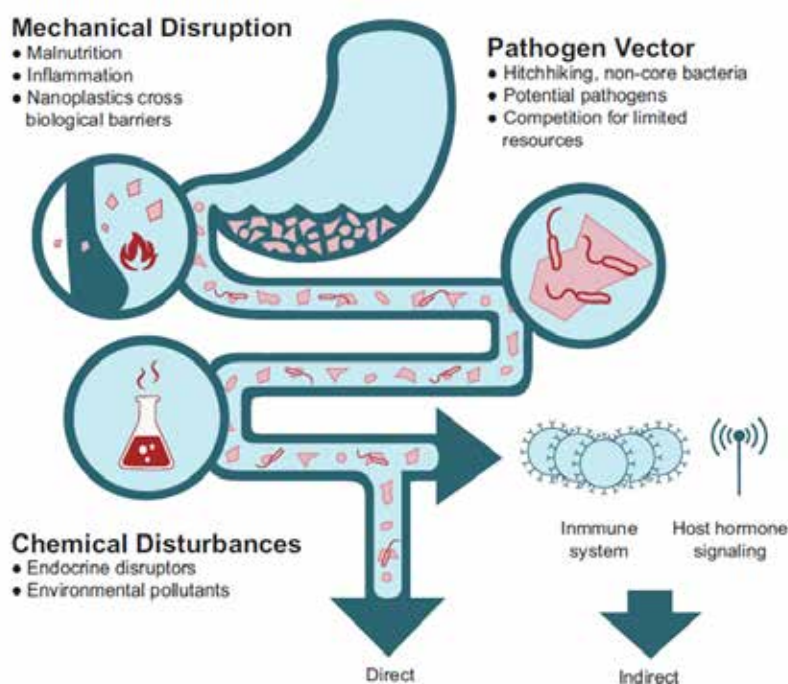
En tanto, los desechos plásticos también representan fuentes conocidas de contaminantes orgánicos persistentes (COP) (Mato et al. 2001²³⁹) que pueden ser potencialmente transportados y bioacumulados en organismos marinos (Teuten et al. 2009²⁴⁰, Engler, 2012²⁴¹).

Finalmente, la acumulación de los microplásticos y de los elementos y sustancias que portan, a través de la cadena trófica, parece ser otro punto elemental en el estudio de sus efectos. La ingestión de microplásticos por organismos de los eslabones inferiores de la cadena trófica (fitoplancton y zooplancton) puede ser una ruta de entrada para niveles superiores de la cadena trófica, a través del consumo de presas previamente contaminadas por estos elementos (Anderson et al. 2016²⁴²). Estudios realizados en los últimos años han demostrado la transferencia trófica de microplásticos entre peces y cigalas, y entre copépodos y macrozooplancton (Setälä et al. 2014²⁴³, Murray & Cowie 2011²⁴⁴). Aunque aún son escasos los estudios de transferencia trófica hasta los eslabones superiores de aves acuáticas y mamíferos marinos, algunos trabajos ya han demostrado esta transferencia (Ericksson & Burton 2003²⁴⁵). En este caso, se probó la transferencia de microplásticos desde copépodos a una especie de pez linterna (*Electrona subaspera*), y desde ellos a lobos marinos.

Sin embargo, los últimos estudios comienzan a demostrar que los efectos en la cadena trófica también alcanzarían al ser humano. Liebmann et al. (2018²⁴⁶) enfrentan la preocupación por la contaminación microplástica en los alimentos y su posible impacto en la salud. Los autores muestran que efectivamente los microplásticos pueden alcanzar el intestino humano, y estos son parcialmente desechados por las heces. Frente a ello, recientemente Fackelmann & Sommer (2019²⁴⁷) realizan una revisión del impacto de los microplásticos en la interrupción de la simbiosis entre el huésped y la comunidad microbiota intestinal natural y su patrón de abundancia. Esta llamada disbiosis podría ser causada por el consumo de microplásticos, la interrupción mecánica asociada dentro del tracto gastrointestinal, la ingestión de bacterias extrañas y potencialmente patógenas, así como productos químicos, que forman o se adhieren a los microplásticos (Figura 6.18). Asimismo, la disbiosis podría interferir con el sistema inmunitario del huésped y desencadenar la aparición de enfermedades (crónicas), promover infecciones patógenas y alterar la capacidad génica y la expresión de la microbiota intestinal.

- 232 Kiessling, T., Gutow, L., Thiel, M., 2015. Marine litter as a habitat and dispersal vector. In M. Bergmann, L. Gutow, & M. Klages (Eds.), *Marine anthropogenic litter* (pp. 141–181). Springer, Berlin.
- 233 Viehman, S., Vander Pluym, J. L., & Schellinger, J., 2011. Characterization of marine debris in North Carolina salt marshes. *Marine Pollution Bulletin*, 62, 2771–2779.
- 234 Uhrin, A. V., & Schellinger, J., 2011. Marine debris impacts to a tidal fringing-marsh in North Carolina. *Marine Pollution Bulletin*, 62, 2605–2610.
- 235 Carson, H.S., Colbert, S.L., Kaylor, M.J. & K.J. McDermid. 2011. Small plastic debris changes water movement and heat transfer through beach sediments. *Marine Pollution Bulletin* 62, 1708–1713.
- 236 Uhrin, A. V., Fonseca, M. S., & G. P. DiDomenico. 2005. Effect of caribbean spiny lobster traps on seagrass beds of the Florida Keys National Marine Sanctuary: Damage assessment and evaluation of recovery. *American Fisheries Society Symposium* (pp. 579–588). American Fisheries Society.
- 237 Moore, C.J. 2008. Synthetic polymers in the marine environment: a rapidly increasing, longterm threat. *Environmental Research*, 108, 131–139.
- 238 Green D. S., Boots B., Blockley D.J., Rocha C. & R. Thompson. 2015. Impacts of Discarded Plastic Bags on Marine Assemblages and Ecosystem Functioning. *Environ. Sci. Technol.* 49, 5380–5389.
- 239 Mato, Y., Isobe, T., Takada, H., Kanehiro, H., Ohtake, C., & T. Kaminuma. 2001. Plastic resin pellets as a transport medium for toxic chemicals in the marine environment. *Environmental Science and Technology* 35, 318–324.
- 240 Teuten, E.L., Saquing, J.M., Knappe, D.R.U., Barlaz, M.A., Jonsson, S., Björn, A., Rowland, S.J., Thompson, R.C., Galloway, T.S., Yamashita, R., Ochi, D., Watanuki, Y., Moore, C., Viet, P.H., Tana, T.S., Prudente, M., Boonyatumanond, R., Zakaria, M.P., Akkhavong, K., Ogata, Y., Hirai, H., Iwasa, S., Mizukawa, K., Hagino, Y., Imamura, A., Saha, M. & H. Takada. 2009. Transport and release of chemicals from plastics to the environment and to wildlife. *Philosophical Transactions of the Royal Society B* 364, 2027–2045.
- 241 Engler, R.E. 2012. The complex interaction between marine debris and toxic chemicals in the ocean. *Environmental Science and Technology* 46, 12302–12315.
- 242 Anderson J.C., Park B.J. & V.C. Palace. 2016. Microplastics in aquatic environments: Implications for Canadian ecosystems. *Environmental Pollution* 218, 269–280.
- 243 Setälä, O., Fleming-Lehtinen, V., & M. Lehtiniemi. 2014. Ingestion and transfer of microplastics in the planktonic food web. *Environmental Pollution*, 185, 77–83.
- 244 Murray, F. & P.R. Cowie. 2011. Plastic contamination in the decapod crustacean *Nephrops norvegicus* (Linnaeus, 1758). *Marine Pollution Bulletin*, 62(6), 1207–1217.
- 245 Eriksson, C. & H. Burton. 2003. Origins and biological accumulation of small plastic particles in fur seals from Macquarie Island. *AMBIO: A Journal of the Human Environment*, 32, 380–384.
- 246 Liebmann B., S. Köppel, P. Königshofer, T. Bucsics, T. Reiberger & P. Schwab. 2019. Assessment of microplastic concentrations in human stool final results of a prospective study. Medical University of Vienna. Conference: Conference on Nano and microplastics in technical and freshwater systems, Microplastics 2018 At: Monte Verità, Ascona, Switzerland. DOI: 10.13140/RG.2.2.16638.02884.
- 247 Fackelmann G. & S. Sommer 2019. Microplastics and the gut microbiome: How chronically exposed species may suffer from gut disbiosis. *Marine Pollution Bulletin* 143:193–203.

Figura 6.46 Posibles efectos del consumo de microplásticos en el ser humano, transferidos a través de la cadena trófica (Modificado de Fackelmann & Sommer 2019).



Situación en Chile

De acuerdo con los resultados de la tercera encuesta nacional de medioambiente (2017-2018), realizada por la Dirección de Estudios Sociales del Ministerio del Medio Ambiente de Chile, en nuestro país se generan 396 kg anuales por persona de residuos, ya que el 80,1% de los chilenos no recicla habitualmente. Antes que entrara en vigencia en agosto de 2018 la ley que prohíbe el uso de bolsas plásticas en el comercio de todo el territorio nacional (Ley 21.100), las personas en Chile utilizaban en promedio 547 bolsas plásticas anuales per cápita, desechos plásticos que finalmente llegan al mar. Estos desechos plásticos se pueden transportar a largas distancias desde los sitios de origen y se acumulan a través de las corrientes oceánicas en los giros oceánicos (Moore et al. 2001²⁴⁸, Maximenko et al. 2012²⁴⁹, Eriksen et al. 2013²⁵⁰). De acuerdo a los estudios de Lebreton et al. (2012²⁵¹), la acumulación de escombros en el Océano Pacífico Sur ocurre en la región centro-este, cerca de la Isla de Pascua.

Aunque la basura marina antropogénica (BMA) es un problema mundial, se ha estudiado poco en América Latina. En la región sureste del Pacífico, hasta el 2003 solo dos países (Colombia, Chile) habían publicado estudios sobre BMA en el medio ambiente y estos se centraron principalmente en los desechos marinos flotantes (Thiel et al. 2003²⁵²; Ivar do Sul & Costa 2007²⁵³). Un cambio en esta tendencia se produce en el año 2007 con la formación de un grupo de investigadores de la Universidad Católica del Norte que comienzan a desarrollar el programa de ciencia ciudadana “Científicos de la Basura” (<http://www.cientificosdelabasura.cl/es/>), conformados por escolares y profesores que comienzan a aplicar el método científico para investigar el problema de la basura en la zona costera de Chile. Fruto de esta iniciativa, en el año 2008 se realizan las primeras encuestas de playa, entre agosto y septiembre (durante el invierno austral), abarcando 43 playas distribuidas al azar a lo largo de toda la costa chilena (18° S a 53° S) (Bravo et al. 2009²⁵⁴). Estos autores

- 248 Moore, C.J., Moore, S.L., Leecaster, M.K., & S.B. Weisberg. 2001. A comparison of plastic and plankton in the North Pacific Central Gyre. *Marine Pollution Bulletin* 42, 1297-1300.
- 249 Maximenko, N., Hafner, J. & P. Niiler. 2012. Pathways of marine debris derived from trajectories of Lagrangian drifters. *Marine Pollution Bulletin* 65, 51-62.
- 250 Eriksen, M., Maximenko, N., Thiel, M., Cummins, A., Lattin, G., Wilson, S., Hafner, J., Zellers, A. & S. Rifman. 2013. Plastic pollution in the South Pacific subtropical gyre. *Mar. Pollut. Bull.* 68, 71-76. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2012.12.021>.
- 251 Lebreton, L.C.M., Greer, S.D. & J.C. Borrero. 2012. Numerical modelling of floating debris in the world's oceans. *Marine Pollution Bulletin* 64, 653-661.
- 252 Thiel, M., Hinojosa, I., Vázquez, N. & E. Macaya. 2003. Floating marine debris in coastal waters of the SE-Pacific (Chile). *Marine Pollution Bulletin* 46, 224-231.
- 253 Ivar do Sul, J.A. & M.F. Costa. 2007. Marine debris review for Latin America and the Wider Caribbean Region: from the 1970s until now, and where do we go from here? *Marine Pollution Bulletin* 54, 1087-1104.
- 254 Bravo, M., Gallardo, M.D., Luna-Jorquera, G., Núñez, P., Vázquez, N. & M. Thiel. 2009. Anthropogenic debris on beaches in the SE Pacific (Chile): results from a national survey supported by volunteers. *Mar. Pollut. Bull.* 58, 1718-1726. <http://dx.doi.org/10.1016/j.marpolbul.2009.06.017>.

concluyeron que la densidad media de basura marina antropogénica fue de 1,8 artículos m^2 y los tipos principales fueron plásticos, colillas de cigarrillos y vidrio. Para más detalles ver Eastman et al. (2014²⁵⁵).

Sin embargo, estos resultados representaron solo una primera instantánea de la situación general, y no hubo información sobre la dinámica espacio-temporal de la basura de playa en el SE Pacífico. Por lo tanto, la encuesta nacional de BMA se repitió durante los años 2008, 2012 y 2016 a lo largo de toda la costa chilena, para determinar la composición, estimar la abundancia y los patrones espaciales, y explorar las tendencias temporales de las densidades de BMA en playas del sureste del Pacífico. Los resultados publicados por Hidalgo et al. (2018²⁵⁶) dieron cuenta que los porcentajes más altos de BMA en todas las encuestas fueron plásticos y colillas de cigarrillos (Figura 6.19), que podrían atribuirse a fuentes locales (es decir, usuarios de playas). La región de Antofagasta en el norte de Chile tuvo la mayor abundancia de BMA en comparación con todas las demás zonas (Figura X.20). Si bien no se observó una tendencia significativa de aumentar o disminuir las densidades de BMA durante los 8 años, el promedio nacional aumentó de 1,8 unidades por m^2 (unid/ m^2) en el año 2008, a 1,7 unid/ m^2 en el 2012 y 2,2 unid/ m^2 el 2016. Respecto a la composición de la basura antropogénica marina, claramente ha habido un aumento desde el 2008 al 2016 de la prevalencia de restos de cigarrillos y plásticos, representando en conjunto un 47,7% del total de la basura encontrada en las playas el 2008, aumentado a 75,1% en el 2016 (Figura 6.21).

Figura 6.47 Composición porcentual de la basura encontradas en las playas de Chile (Fuente: Hidalgo et al. 2018).

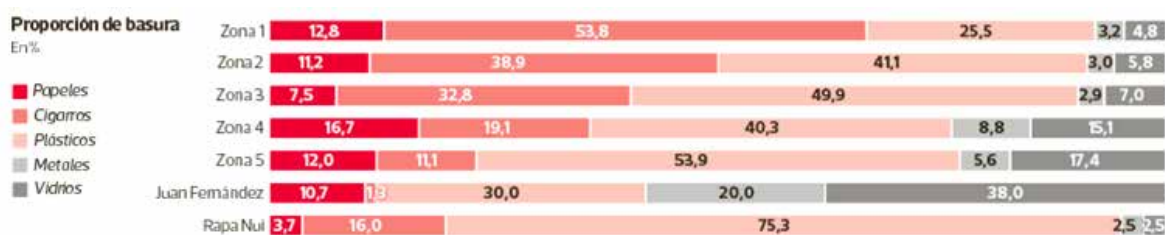
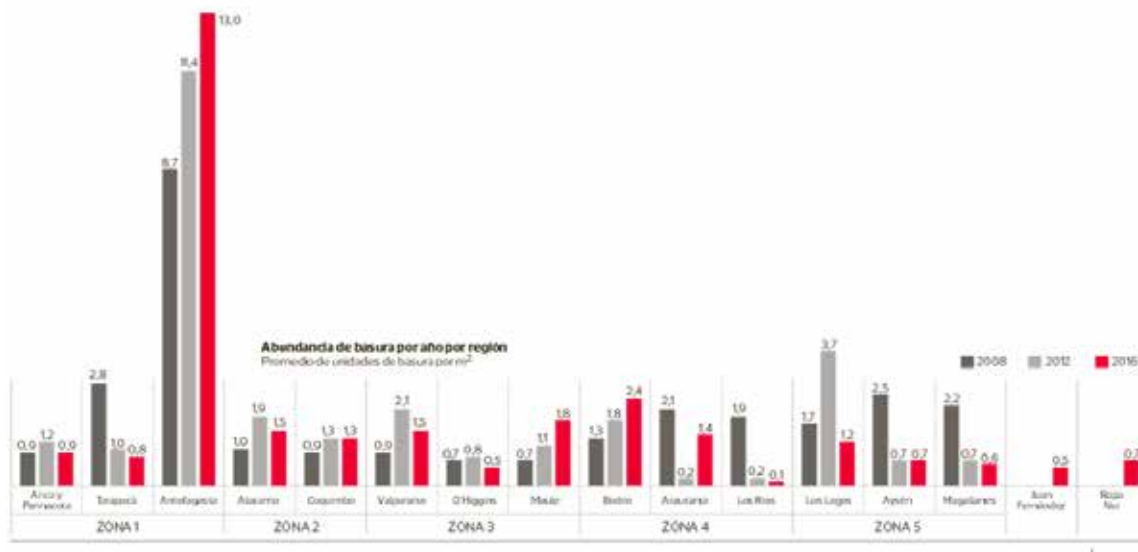


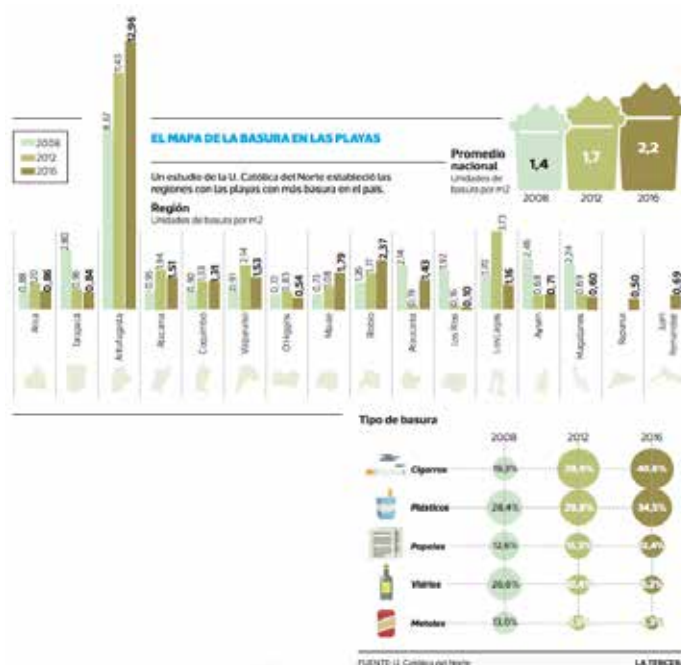
Figura 6.48 Abundancia de basura (promedio de unidades por m^2), en las playas de Chile, durante los años 2008, 2012 y 2016 (Fuente: Hidalgo et al. 2018).



255 Eastman, L., Hidalgo-Ruz, V., Macaya, V., Nuñez, P & M. Thiel. 2014. The potential for young citizen scientist projects: a case study of Chilean schoolchildren collecting data on marine litter. JICZM 14, 569–579. <http://dx.doi.org/10.5894/rgci507>.

256 Hidalgo-Ruz, V. D. Honorato-Zimmer, M. Gatta-Rosemary, P. Nuñez, I. Hinojosa & M Thiel. 2018. Spatio-temporal variation of anthropogenic marine debris on Chilean beaches. Marine Pollution Bulletin 126 (2018) 516–524.

Figura 6.49 Variación del porcentaje de prevalencia de los distintos tipos de basura en las playas de Chile, durante los años 2008, 2012 y 2018 (Fuente: Hidalgo et al. 2018).



Siendo este tema nuevo en Chile, la última publicación en Chile fue presentada recientemente por Honorato-Zimmer et al. (2019²⁵⁷), intentando responder si la densidad y la composición de BMA son distintas en países con antecedentes socioeconómicos contrastantes y con fuentes de basura marina distintas, en este caso, Chile y Alemania. Los autores concluyen que las densidades de basura son sustancialmente mayores en Chile que en Alemania. Así, en Chile la densidad promedio nacional en playas resultó ser de 2,2 unidades por m², lo que estaría dentro del rango de otros países de Latinoamérica, como Baja California, México, con 1,5 unidades por m² (Silva-Iñiguez and Fischer, 2003) y Panamá (3,6 unidades por m²) (Garrity & Levings 1993²⁵⁸). Las playas de Alemania alcanzaron un valor promedio de (0,4 unidades por m²), comparables a las densidades de otros países de Europa (Velander & Mocogni 1999²⁵⁹, Storrier et al. 2007²⁶⁰). Como era de esperar, Honorato-Zimmer et al. (2019) también indican que las diferentes zonas geográficas encuestadas en ambos países mostraran fuertes tendencias de agrupamiento de acuerdo con sus principales actividades económicas (turismo, transporte marítimo, pesca/acuicultura), las principales fuentes de basura y la composición de BMA, en términos de dominio y diversidad de tipos de basura.

Los estudios sobre basura antropogénica marina en Chile estando dando sus primeros pasos, por lo que se espera que la fuerza de los movimientos sociales siga dando mayores bríos a los investigadores nacionales, para que entreguen en los años que siguen más luces sobre la situación a nivel nacional.

CONCLUSIONES

Si bien la información disponible a parte del POAL, de la literatura científica, y de los diversos estudios de línea de base ambiental que se realizan en Chile en el contexto de los estudios y/o declaraciones de impacto ambiental, han permitido aumentar el acervo de información del medio marino, gran parte de esa información adolece de la rigurosidad como para poder ser considerada en una

- 257 Honorado D, K. Kruseb, K. Knickmeierb, A Weinmannb, I. Hinojosaa & M Thiel. 2019. Inter-hemispherical shoreline surveys of anthropogenic marine debris – A
binational citizen science project with schoolchildren. *Marine Pollution Bulletin* 138 (2019) 464–473.
- 258 Garrity, S.D. & S.C. Levings. 1993. Marine debris along the Caribbean coast of Panama. *Mar. Pollut. Bull.* 26 (6), 317–324. [https://doi.org/10.1016/0025-326X\(93\)90574-4](https://doi.org/10.1016/0025-326X(93)90574-4).
- 259 Velerd, K. & M. Mocogni., 1999. Beach litter sampling strategies: is there a 'best' method? *Mar. Pollut. Bull.* 38 (12), 1134–1140. [https://doi.org/10.1016/S0025-326X\(99\)00143-5](https://doi.org/10.1016/S0025-326X(99)00143-5).
- 260 Storrer, K.L., McGlashan, D.J., Bonellie, S. & K. Velerd. 2007. Beach litter deposition at a selection of beaches in the Firth of Forth, Scotland. *J. Coast. Res.* 23 (4), 813–822. <https://doi.org/10.2112/04-0251.1>.

revisión del estado ambiental costero de Chile. Esto es especialmente relevante en el caso de los análisis de metales traza en aguas marinas. Como se indicó anteriormente, la concentración de metales traza en el agua de mar es del orden de $\mu\text{g L}^{-1}$. Estos bajos valores determinan que la fase analítica requiera de condiciones y equipos altamente sensibles y sofisticados. La mayor parte de los equipos analíticos se encuentran en el límite de detección de la concentración de metales traza en agua de mar (Rodríguez & Ahumada, 1996), por lo que, mucha de la información analizada entrega datos del tipo “bajo el límite de detección” analítica.

Haciendo uso de la información que se estima posee mayor robustez para su análisis, se puede afirmar que existe, en general, una disminución de los contenidos de todos los metales pesados en aguas y sedimentos, especialmente acentuado en esta última matriz ambiental. Esto, con la sola excepción del contenido de plomo en los sedimentos, que mostró un aumento respecto al período anterior 2011-2014. No obstante, cadmio, mercurio y plomo se hallarían bajo los criterios internacionales utilizados en el último período evaluado. Sólo el cobre mostró concentraciones por sobre el límite ambiental internacional en los sedimentos de las Regiones II, V y VIII.

Los nutrientes (nitrógeno y fósforo total) y materia orgánica total revelaron una mantención de sus concentraciones respecto al último período analizado. Sin embargo, los promedios regionales en los sedimentos dan cuenta de la intensidad de algunas actividades llevadas a cabo en el borde costero de algunas regiones. Particularmente relevante resulta la disminución del contenido promedio de MOT sedimentario en la X Región.

En tanto, en general los niveles de HAP y BPC se han mantenido bajos en todas las regiones, mientras que los contenidos hidrocarburos totales (HCT) en sedimentos marinos mostraron un aumento del contenido promedio nacional, y el de algunas regiones, revelando posibles eventos puntuales de vertidos o derrames, informados o no por las diversas actividades que hacen uso del borde costero, que estén influyendo en las alzas de las concentraciones de hidrocarburos presentes en los sedimentos en el último período 2015-2017.

Finalmente, un nuevo tema comienza a aparecer con fuerza en el contexto de la contaminación marina, aquella relacionada a la presencia de micro y macroplásticos en las playas del litoral nacional. Si bien los esfuerzos por ilustrar de forma científica este problema son más bien recientes en Chile, la información que se ha ido generando muestra que la presencia de basura marina antropogénica ha aumentado levemente en los últimos 10 años, mostrando densidades similares a los de otros países de Latinoamérica, pero lejos de países desarrollados como los de Europa. Queda mucho por investigar en este ámbito, especialmente en los efectos del microplásticos en la salud de la flora y fauna marina y del propio ser humano.

En síntesis, el borde costero nacional muestra claras mejoras y/o mantención de su condición ambiental, considerando las aguas y sedimentos marinos, apareciendo, no obstante, claramente como un nuevo problema, la presencia de macro y microplásticos en las playas nacionales y en los organismos marinos.

6.1.5. Las alteraciones y su relación con el cambio climático.

6.1.5.1 Impactos en playas y humedales costeros

El aumento atmosférico de gases que generan efecto invernadero ha incrementado el promedio global de la temperatura del planeta en aproximadamente 0,2 °C en los últimos 40 años (Hansen et al. 2006), y desde el siglo XIX hasta ahora el aumento habría sido entre 0,3 y 0,6 °C. La comunidad científica está dividida respecto a las causas de este aumento, aunque la mayor parte se inclina por que no sería natural sino más bien causado por acción antrópica. Sea como fuere, parte importante de este incremento energético ha sido absorbido por los océanos del mundo (Hoegh-Guldberg & Bruno 2010). Este calentamiento global ha afectado de manera significativa a los ecosistemas marinos (Behrenfeld et al. 2006; Halpern et al. 2008; Heneghan et al. 2019), y se espera que su impacto se vea incrementado en la medida que siga aumentando el calentamiento global (Trenberth et al., 2007).

El aumento en la incidencia de marejadas en los últimos años (Martínez et al., 2018) y el aumento de la frecuencia e intensidad de eventos extremos de oleaje, podría ser atribuidos al cambio climático, aunque, es altamente difícil establecer una relación de causa efecto con certeza. Lo concreto es que existe una coincidencia temporal entre ambos fenómenos.

La fuerte incidencia de marejadas violentas en los últimos años, está generando un importante daño erosivo en la costa, detectado en 28 de 35 playas del centro y norte de Chile. Estos resultados forman parte de un estudio realizado por científicos de 5 universidades chilenas, a solicitud del Ministerio de Medio Ambiente de Chile (Winckler et al. 2019). Esta fuerte erosión costera atribuida al cambio climático, se refleja como un retroceso en la línea costera, la cual se mide en número de metros por año.²⁶¹

La erosión es considerada alta cuando el retroceso de la costa es más de 1,5 metros por año. El 80% de las playas analizadas en este estudio ya superó ese valor crítico.

El estudio considera la eventual alza del nivel mar y el sobre paso del borde costero debido a marejadas violentas. Revisa también la infraestructura que podría perderse por inundación marina, la población que se vería afectada, el número de viviendas, entre otros factores.

El trabajo de Winckler y colaboradores (op cit) concluye que las comunas más vulnerables de Chile son Talcahuano, Concepción y Valparaíso, debido a que la población está en un lugar extremadamente bajo, con un alza del nivel medio del mar y un incremento de marejadas donde la población podría quedar inundada.

Otra de las conclusiones del estudio mencionado es que en la actualidad, nuestro país no cuenta con herramientas que permitan cuantificar los riesgos costeros para escalas tanto de corto plazo, como marejadas por ejemplo, como de largo plazo producto del cambio climático. Tampoco se ha cuantificado el eventual impacto económico del cambio climático en la zona costera, tanto por carencias de información como por el hecho de que el desarrollo de esta línea de investigación es reciente.

Se sabe que a nivel mundial, los 28 países ribereños de la OECD cuentan con sistemas de pronóstico de oleaje de uso público y 24 de ellos incluyen pronósticos en la costa, entre los cuales Chile no está incluido.

En relación a los humedales, en los últimos años hemos visto cómo algunos de ellos han sufrido las consecuencias del cambio climático; sequía, pérdida de hábitat para la flora y fauna, inundaciones debido a marejadas violentas, entre otros problemas. Por esta razón, el Plan Nacional de Protección de Humedales 2018-2022 (Ministerio del Medio Ambiente. 2018), busca contribuir a detener la pérdida y degradación de estos valiosos ecosistemas de nuestro país, fijando los objetivos de (1) proteger la biodiversidad y los servicios ecosistémicos en áreas prioritarias de humedales, mediante la creación de categorías de áreas protegidas que garanticen su

261 Hansen, J., M. Sato, R. Ruedy, K. Lo, D. Lea, and M. Medina-Elizade. 2006. Global temperature change. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* 103, 14288.

Hoegh-Guldberg O. & J. Bruno. 2010. The Impact of Climate Change on the World's Marine Ecosystems. *Science* Vol. 328, 1523-1528.

Behrenfeld, M.J., O'Malley, R.T., Siegel, D.A., McClain, C.R., Sarmiento, J.L., Feldman, G.C., Milligan, A.J., Falkowski, P.G., Letelier, R.M., Boss, E.S., 2006. Climate driven trends in contemporary ocean productivity. *Nature* 444 (7120), 752-755. doi: 10.1038.

Halpern, B.S., Walbridge, S., Selkoe, K.A., Kappel, C.V., Micheli, F., D'Agrosa, C., Bruno, J.F., Casey, K.S., Ebert, C., Fox, H.E., Fujita, R., Heinemann, D., Lenihan, H.S., Madin, E.M.P., Perry, M.T., Selig, E.R., Spalding, M., Steneck, R., Watson, R., 2008. A global map of human impact on marine ecosystems. *Science* 319 (5865), 948-952. doi:10.1126.

Heneghan R., I. Hatton and E. Galbraith. 2019. Climate change impacts on marine ecosystems through the lens of the size spectrum. *Emerging Topics in Life Sciences* 2019, 3 233-243.

Trenberth, K. et al. 2007. Observations: surface and atmospheric climate change. In: Solomon, S., Qin, D., Manning, M., Chen, Z., Marquis, M., Averyt, K.B., Tignor, M., Miller, H.L. (Eds.), *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom, New York, NY, USA, pp. 235-336.

Martínez, C., Contreras-López, M., Winckler, P., Hidalgo, H., Godoy, E. Y Agredano, R. (2018). Coastal erosion in central Chile: A new hazard?, *Ocean & Coastal Management*, 156: 141-155.

Winckler, P.; Contreras-López, M.; Vicuña, S.; Larraguibel, C.; Mora, J.; Esparza, C.; Salcedo, J.; Gelcich, S.; Fariña, J. M.; Martínez, C.; Agredano, R.; Melo, O.; Bambach, N.; Morales, D. y Marinkovic, C. 2019. Determinación del riesgo de los impactos del Cambio Climático en las costas de Chile. Informe de avance 2. Preparado para el Ministerio del Medio Ambiente.

conservación y gestión a largo plazo, (2) identificar y consensuar, con la información disponible, las áreas prioritarias de humedales a proteger por el Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SNAP) en el mediano y largo plazo, a escala regional y nacional, y (3) gestionar las solicitudes de creación de áreas protegidas, y someterlas a pronunciamiento del Consejo de Ministros para la Sustentabilidad.

6.1.5.2 Impactos en puertos y ciudades costeras

De acuerdo a un estudio de Winckler (et al., 2015), los impactos asociados al cambio climático en el territorio costero mediante una combinación de marejadas y las variaciones del nivel del mar pueden clasificarse en las siguientes categorías:²⁶²

- Inundación de las zonas costeras
- Aumento de las planicies de inundación
- Pérdida de territorios deltaicos
- Desaparición de humedales
- Erosión costera en playas y acantilados
- Efectos en la cota de inundación en playas
- Efectos en la dinámica de las dunas
- Efectos en la hidrodinámica y morfodinámica de estuarios
- Efectos sobre el comportamiento operacional y estructural de obras marítimas
- Aumento del daño durante inundaciones y tormentas
- Intrusión salina en acuíferos y subida del nivel de la capa freática ²⁶³

Evidentemente el factor relativo a las olas es el componente físico más relevante que afecta a los procesos litorales, a la seguridad de la navegación y a las operaciones portuarias en las costas abiertas de Chile. Por ejemplo, la violenta marejada del 8 de agosto de 2015 (Figura 6.50) generó daños en caletas y en el borde costero de la región de Valparaíso por un costo superior a los US\$ 7.2 millones, cifra que no incluye los daños a infraestructura privada, ni aquellos ocurridos en los recintos portuarios (Winckler et al., 2017). Si se considera los cierres de puertos debido a estos fenómenos, las pérdidas también son millonarias.

El punto es que en las últimas décadas, las costas de Chile han evidenciado un intenso desarrollo de infraestructura costera, puertos, caletas, obras de conectividad, bordes costeros, desaladoras, terminales de gas natural, centrales térmicas, plantas de tratamiento de aguas servidas, entre otras, que también quedan expuestas a estos fenómenos de marejadas y oleaje violento.

Adicionalmente, la marea meteorológica puede ocurrir de manera conjunta con un meteotsunami, el cual corresponde a un aumento del nivel del mar producido por variaciones de presión y rachas de viento en una escala temporal de entre 5 minutos y 2 horas. Este es fenómeno relativamente frecuente, en los océanos del mundo, sin embargo su conocimiento es aún insuficiente. El primer meteotsunami estudiado en las costas de Chile ocurrió el 8 de agosto de 2015, siendo publicado en 2017 (Carvajal et al. 2017).

²⁶² Winckler, P., Contreras-López, M., Reyes, M., Cortes, F., y Beyá, J. 2015. Evaluación de riesgos de infraestructura costera en un contexto de cambio climático. Elaborado para la Dirección de Obras Portuarias del Ministerio de Obras Públicas. Ministerio del Medio Ambiente. 2018. Plan Nacional de Protección de Humedales 2018-2022, 32 pp. Ministerio del Medio Ambiente, Santiago.

²⁶³ Carvajal, M., Contreras-Lopez, M., Winckler, P. Y Sepúlveda, I. 2017. Meteotsunamis Occurring Along the Southwest Coast of South America during an Intense Storm. Pure and Applied Geophysics 174(8): 3313–3323.

Figura 6.50 Violenta marejada azota las instalaciones de la Facultad de Ciencias del Mar y de Recursos Naturales de la Universidad de Valparaíso en agosto de 2015 (Autor. Dr. Mario Cáceres)



En Chile existe poca información sobre la evaluación de riesgos costeros en un contexto de cambio climático. Los escasos estudios de evaluación de riesgos de infraestructura costera son de carácter prospectivo (Winckler et al., 2015 op cit). Otros estudios, paradójicamente, muestran descensos relativos en el nivel del mar debido probablemente a actividad tectónica (Contreras et al., 2012).

Reviste mucha importancia el planificar de cara a un futuro próximo, sobre la base de una eventual matriz de riesgos que permita cierto grado de adaptación o mitigación a estos fenómenos que están aumentando en frecuencia e intensidad. En esta línea se desarrolló un proyecto orientado a cumplir con los compromisos establecidos con la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMNUCC). Considerando además el marco de la Estrategia Nacional de Cambio Climático en 2008, en este proyecto se elaboró un estudio sobre Vulnerabilidad y adaptación en zonas costeras y recursos pequeños.²⁶⁴

Se evaluaron también los efectos de incrementos en el nivel del mar en áreas costeras del Golfo de Arauco, y los impactos del cambio climático sobre la anchoveta, la merluza común y la sardina común, y se midieron las cotas de inundación en las áreas costeras de Arica, Valdivia y Puerto Montt (CONAMA, 2008, op cit.).

Este tipo de estudios son relevantes porque permiten disponer de un registro permanente de sistemas de olas y marejadas que arriban a nuestras costas y permiten validar en parte los escasos modelos de predicción de oleaje disponibles para determinadas zonas costeras.

Dentro de los instrumentos de políticas públicas chilenas que consideran el factor de aumento del nivel del mar en zonas costeras está el establecido en 2017, denominado Plan de Acción Nacional de Cambio Climático 2017 – 2021. Este plan establece la elaboración, implementación y actualización de planes sectoriales de adaptación, entre ellos el Plan de adaptación y mitigación de los servicios de infraestructura al cambio climático y el Plan de Adaptación al Cambio Climático para Ciudades, que incluiría las zonas urbanas costeras.

6.1.5.3 Alteraciones oceanográficas debidas al calentamiento de los océanos y a la acidificación marina

Los cambios de temperatura en los ecosistemas marinos son relevantes porque influyen en el metabolismo de los organismos y alteran procesos ecológicos como la productividad y otras interacciones entre las especies. Los organismos marinos pueden adaptarse en

264 Contreras, M., Winckler, P., y Molina, M. (2012). Implicancias de la variación del nivel medio del mar por cambio climático en obras de ingeniería costera de Chile. Anales del Instituto de Ingenieros de Chile. Volumen 124, Número 2, pp. 53-66. (Incluido en Revista Chilena de Ingeniería N°466).

CMNUCC (Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático), 1992, en <https://unfccc.int/resource/docs/convkp/convsp.pdf>. Consultado el 20 de julio de 2019.

mayor o menor grado a determinados rangos específicos de temperatura. Cuando la capacidad de adaptación se ve limitada por rangos térmicos mayores, algunas especies pueden migrar a zonas marinas más frías, y aquellas que son incapaces de migrar, tendrán que enfrentar la extinción local o global. Es un hecho que el cambio climático ya está afectando a la distribución y abundancia de la vida marina, pero la magnitud total de estos cambios ha sido difícil de predecir debido a las limitaciones de los modelos de ecosistemas utilizados para tales pronósticos.

En un reciente estudio publicado en la revista *Science* (Cheng et al. 2019) se concluye que los océanos se están calentando en promedio un 40% más rápido de lo que se pensaba. Señalan que en el último tiempo se ha venido batiendo record año tras año, lo que indica una clara tendencia creciente de calentamiento oceánico. La autora principal del estudio agrega que las aguas más cercanas a la superficie son las que más se han calentado y ese calentamiento se ha acelerado en las últimas dos décadas.

Se calcula que los océanos del planeta han absorbido hasta un 93% del calor producido por el efecto invernadero, actuando como un gran amortiguador climático. Gracias a ello se ha hecho más lento el cambio climático. Pero este gran proceso no es gratis. Los ecosistemas marinos ya están experimentando un deterioro importante debido al aumento térmico en las aguas marinas.

Otro estudio reciente (Heike et al. 2019), realizado por 35 científicos de 12 países concluye que el calentamiento de los océanos podría reducir en un 17% la biomasa de las especies marinas a nivel mundial a finales de siglo. Esto significa que todos los recursos pesqueros mundiales, sean peces, crustáceos moluscos, etc., verán disminuida su productividad biológica debido al calentamiento de los océanos, y a la menor producción primaria.

El estudio concluye señalando que la biomasa oceánica animal global está declinando de modo constante con el cambio climático, y que estos impactos se amplifican en niveles tróficos más altos, es decir, afecta más a los peces más grandes o a predadores que están en el tope de la cadena alimentaria.

Agrega que dentro de los pasos a seguir para el desarrollo del modelo, se incluirán escenarios dinámicos de pesca, los impactos humanos acumulados y los efectos de las medidas de gestión sobre las tendencias de la biomasa oceánica futura.

Evidentemente estas no son buenas noticias para los recursos biológicos pesqueros marinos, los que enfrentan esta difícil problemática ambiental con altos niveles de explotación y colapso.

Otra problemática marina asociada al aumento de la temperatura del agua es la pérdida de oxígeno disuelto, el cual sale del agua y pasa a la fase gaseosa en la atmósfera. Un estudio publicado por la revista *Science* (Breitbart et al. 2018) concluye que el volumen de agua de los océanos que está desprovisto de oxígeno (anóxico) se ha cuadruplicado en los últimos 50 años. A medida que el agotamiento del oxígeno se vuelve más severo, persistente y generalizado, una mayor fracción de mares y océanos pierde su capacidad de soportar biomasa.

El estudio concluye señalando que “para muchos organismos marinos, los niveles más bajos de oxígeno pueden reducir la supervivencia y el crecimiento, alterar el comportamiento, perjudicar la reproducción, alterar la respuesta inmune y aumentar las enfermedades”.

Pero la problemática de la alta concentración de CO₂ atmosférico que está generando el cambio climático, tiene una segunda gran complicación asociada, la cual fue ignorada hasta hace unos 15 años atrás. Parecía muy bien en principio que los océanos retirasen de la atmósfera entre un 25 y un 30% del dióxido de carbono producido por la quema de combustibles fósiles, porque así no se concentraba tanto en la atmósfera.

Sin embargo, este CO₂ “engullido” por los océanos estaba incubando un problema tan grave como el que generaba el efecto invernadero en la atmósfera. Este nuevo problema lleva por nombre acidificación de los océanos y no es otra cosa que un cambio severo en la química de los océanos.²⁶⁵

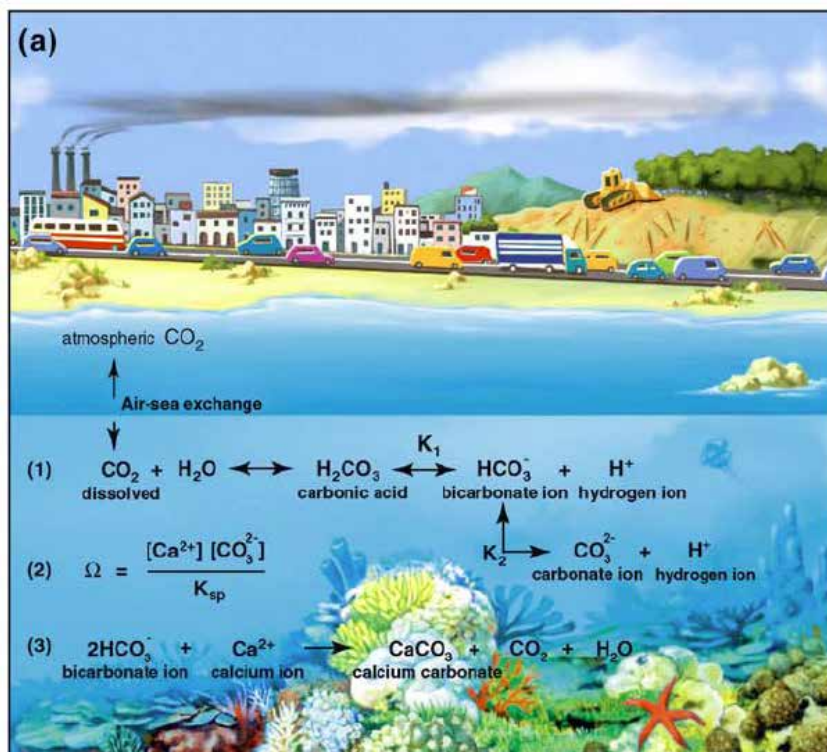
En efecto, “el aumento antropogénico de CO₂ atmosférico está impulsando cambios fundamentales y sin precedentes en la química de los océanos”. Esta fue la sentencia Establecida en un importante estudio que daba a conocer en 2010 la grave problemática de la acidificación marina (Pelejero et al. 2010)

A medida que el CO₂ se disuelve en el agua de mar, participa en una serie de reacciones de equilibrio químico que resultan en un aumento de las concentraciones de bicarbonato y de iones de hidrógeno (protones), lo que termina generando una disminución en el pH del agua de mar, se hace más ácido.

265 Heike L. et al. 2019. Global ensemble projections reveal trophic amplification of ocean biomass declines with climate change. *PNAS*, Vol. 116, N° 26.

Cheng L., J. Abraham, Z. Hausfather, K. E. Trenberth. 2019. How fast are the oceans warming? *Science* Vol. 363, Issue 6423, pp. 128-129.

Breitbart D. et al. 2018. Declining oxygen in the global ocean and coastal waters. *Science*. Vol. 359, Issue 6371, 1-11.

Figura 6.51 Química básica de cambios en el agua del mar producto de la absorción de CO₂. (Pelejero et al. 2010)

En la Figura 6.51 se aprecia una vista esquemática de la perturbación antropogénica del ciclo del carbono, en donde parte del CO₂ emitido por la quema de combustibles fósiles y la deforestación es absorbido por los océanos (Pelejero et al. 2010).²⁶⁶

Desde el comienzo de la revolución industrial, la acidez del océano se ha incrementado al menos en un 30%, en donde los océanos del mundo han absorbido aproximadamente un 28% (unos 550 billones de toneladas) de las emisiones de dióxido de carbono antropogénico (CO₂) (Le Quéré et al. 2015).

6.1.5.4. Consecuencias e impactos de la acidificación del océano

Un fuerte impacto de la acidificación marina debida a la absorción mayor de CO₂ ocurre sobre la fotosíntesis y producción primaria: La disminución de pH tiene efectos negativos en la fotosíntesis marina debido a los mecanismos que controlan la influencia del pH y el flujo de CO₂ hacia el interior de los organismos fotosintéticos.

Otro proceso afectado por la acidificación marina es la calcificación, entendida en general como la formación de exoesqueleto en crustáceos, equinodermos, entre otros. La calcificación es altamente sensible a la concentración de iones carbonato, con los cuales forma CaCO₃. Además, la baja de pH disminuye la saturación de aragonita, mineral clave para la formación de conchas y esqueletos calcáreos de muchas especies marinas

El proceso de reproducción también se ve afectado, dado que la mayor parte de los organismos marinos pasa por estados larvales, y estos son altamente sensibles a cambios en la química del agua. Los cambios en la química del agua influyen sobre el comportamiento “homing” de muchas especies. Este comportamiento describe la habilidad de muchas especies de animales de migrar largas distancias desde y hacia sus lugares de origen. La forma de orientación está dada en gran parte por la composición química de las masa de agua, las que al cambiar, alteran las rutas migratorias.

También hay variados impactos sobre otros procesos fisiológicos. Por ejemplo; el aumento del CO₂ en el agua tiene efectos directos sobre el pH y la capacidad de búfer de células y tejidos, que afectan a procesos tales como el transporte iónico, la actividad enzimática, la estructura de la proteína y el suministro de oxígeno a los tejidos.

Estudios realizados en 2012 concluyen que el costo económico global en los próximos años por pérdida de cosecha y captura de moluscos debido a la acidificación de los océanos, oscilaría entre los 6 y 100 billones de dólares anuales. (Narita et al. 2012).²⁶⁷

6.2 CAUSAS DEL ESTADO DE LOS ECOSISTEMAS MARINOS DEL BORDE COSTERO

6.2.1. Causas incidentes en el estado de los recursos marinos

6.2.1.1 Sobreexplotación de recursos

El estado actual de los principales recursos pesqueros en nuestro país no es alentador. El Informe de la Subsecretaría de pesca publicado en 2018 señala que el 70% de las pesquerías de nuestro país se encuentran sobreexplotadas o colapsadas. Parte de los recursos del otro 30% opera en el límite de la explotación sostenible. La experiencia de larga data en pesquerías de Europa indica que el fenómeno de sobreexplotación de recursos marinos es un tema altamente complejo que involucra muchos factores. Por un lado está la capacidad de pesca, la que cada vez ha sido cada más grande, con barcos enormes, asociados a redes kilométricas, y con un gran equipamiento tecnológico, que les permiten detectar los cardúmenes con mucha facilidad. Otro factor que genera sinergia negativa con el anterior es el deterioro de los ecosistemas, lo que no facilita una producción biológica adecuada. Otro factor que ha ayudado a la sobre explotación ha sido la pesca ilegal, no documentada, a mayor escala, la que en ocasiones llega a ser muy importante, y que trae como consecuencia el impedir o anular un eventual manejo pesquero del recurso porque no es factible establecer cuotas adecuadas de pesca para hacerlo sostenible si no se conoce el real potencial de generación de biomasa de la especie. Otro factor no menor ocurrido en las pesquerías europeas y también en Chile, es el permanente conflicto de intereses entre los diversos actores económicos y políticos participantes.

La sobreexplotación ha provocado el colapso de muchas de las pesquerías del mundo (Pedersen et al. 2017). La gran mayoría de ellas no se ha logrado recuperar, y aquellas que lo han conseguido, ha sido principalmente debido a fuertes reducciones en la presión de pesca (Worm et al 2006; Neubauer 2013). Por otro lado, se ha determinado que cuando un recurso se logra recuperar en parte, las tasas de recuperación son generalmente muy lentas y escasamente predecibles (Costello et al. 2016). Administrativamente, y con base científica, se han establecido varias categorías que permiten conocer el estado de explotación en que se encuentra una pesquería: moderadamente explotada, en plena explotación, sobreexplotada, agotada o colapsada y en recuperación. A continuación se resumen algunas de ellas. Una pesquería se encuentra en la categoría de plena explotación cuando un stock ha logrado su máximo rendimiento sostenible y ya no es factible generar un aumento en la captura. Si a partir de este punto se intensifica la actividad pesquera sobre el recurso, entonces el stock pasa a la condición de recurso sobreexplotado.²⁶⁸

Una pesquería se ubica en la categoría de plena explotación cuando un stock ha logrado su máximo rendimiento sostenible y ya no es factible generar un aumento en la captura. Si a partir de este punto se intensifica la actividad pesquera sobre el recurso, entonces el stock pasa a la condición de recurso sobreexplotado.

Una pesquería se considera sobreexplotada cuando el punto biológico de referencia es menor (en caso de considerar el criterio de la biomasa) al valor esperado del rendimiento máximo sostenible. También se considera sobreexplotada cuando el punto biológico de referencia es mayor (si se consideran los criterios de la tasa de explotación o de la mortalidad por pesca) al valor esperado del rendimiento máximo sostenible. Si esta condición se acrecienta, queda en riesgo de pasar a la categoría siguiente, que es el colapso o agotamiento del recurso. En este último caso, la pesquería, no tiene capacidad de ser sustentable en el tiempo y sus capturas están muy por debajo de su nivel histórico.

Los variados estudios que se han revisado coinciden en señalar que las capturas de las pesquerías marinas nacionales muestran una clara tendencia a la baja, con la mayoría de las especies comerciales en situación de sobreexplotadas o agotadas. Los científicos especialistas en estas temáticas están advirtiendo con insistencia que de no mediar cambios importantes en el actual proceder

267 Le Quére C. et al. 2015. Global carbon budget 2015. *Earth Sys. Sci. Data* 7, 349-396.

Narita D, K. Rehndanz & R. Tol. 2012. Economic costs of ocean acidification: a look into the impacts on global shellfish production. *Climatic Change*; 113:1049–1063.

268 Pedersen E. et al. 2017. Signatures of the collapse and incipient recovery of an overexploited marine ecosystem. *R. Soc. open sci.* 4: 170215. doi.org/10.1098/rsos.170215.

Worm B. et al. 2006 Impacts of biodiversity loss on ocean ecosystem services. *Science* 314, 787–790.

Neubauer P, Jensen O, Hutchings J., Baum J. 2013. Resilience and recovery of overexploited marine populations. *Science* 340, 347–349.

Costello C. et al. 2016. Global fishery prospects under contrasting management regimes. *PNAS*, Vol. 113, N° 18, 5125–5129.

humano respecto a estos recursos, todos los stocks comerciales pesqueros importantes podrían colapsar en pocos años más, más allá de los niveles considerados como sustentables. Por otro lado, ésta sobreexplotación está generando cambios sociales y económicos que amenazan no sólo a los ecosistemas marinos, sino también a la seguridad alimentaria y a los medios de subsistencia de múltiples comunidades que se han estructurado por siglos en torno a los recursos pesqueros y, en algunos casos, también a sociedades más grandes.

Es compleja y delicada la situación que experimentan en la actualidad tanto los ecosistemas marinos como los recursos pesqueros que estos soportan, haciéndose más necesario que nunca investigación científica sostenida en el tiempo y que agrupe múltiples disciplinas que propendan a la obtención de un conocimiento ya no parcial sino integrado de los componentes de los ecosistemas y de las eventuales respuestas y ajustes de éstos ante eventos influyentes cruciales como el cambio climático y la acción antropogénica en la sobreexplotación de estos recursos. Sólo una correcta evaluación integrada de los ecosistemas marinos posibilitará alcanzar, al menos en parte, su manejo adecuado y sostenible. Adicional a este enorme esfuerzo científico se requerirá de la hasta ahora esquivada concurrencia de actores políticos supranacionales que aboguen por instaurar convenciones internacionales en pro de una adecuada regulación en la utilización de los recursos de importancia pesquera.

Reducir la presión sobre la extracción de recursos para permitir la reconstrucción de las poblaciones y mejorar la gobernabilidad, dependerá fundamentalmente de la creación de marcos institucionales que consideren tanto al mercado e interés económico, como también a la protección del medio ambiente y conservación.

6.2.1.1. Artes de pesca y daño ecosistémico

Los efectos que tiene la actividad pesquera sobre los recursos marinos pueden variar de acuerdo al arte y aparejo de pesca utilizado, es así que existen diversos niveles de impacto asociados al actuar de la pesquería nacional. Entre las artes más respetuosas con el medio ambiente, se encuentran el uso de trampas, la caza con arpón y la pesca con línea de mano. Éstas suelen presentar la posibilidad de retornar al medio las capturas de ejemplares juveniles o de bajo valor comercial. Por otra parte, el uso de redes de cerco, de enmalle y de arrastre presenta mayores valores de captura incidental, afectando especies de aves marinas, tiburones, mamíferos marinos y tortugas marinas, entre otras. Además, existe una cantidad de redes que continúan capturando especies tras extraviarse y quedar a la deriva (www.chileesmar.cl.²⁶⁹)

De los métodos antes mencionados, uno de los más nocivos es el arrastre de fondo, éste utiliza redes de hasta 2 kilómetros de largo, equipadas con pesadas compuertas, cadenas y ganchos que atraviesan el fondo marino con la finalidad de capturar especies que viven asociadas al fondo, principalmente peces y crustáceos demersales. El impacto que tiene sobre el fondo del océano es proporcional al peso y tamaño de la red, los aparejos, la captura acumulada y la intensidad del arrastre.

Entre los efectos asociados al uso de la red de arrastre se ha señalado la alteración del ecosistema bentónico mediante la destrucción de arrecifes de coral, esponjas y otros invertebrados marinos (Rijnsdorp et al., 2018²⁷⁰). Además, las redes dispersan las grandes rocas que yacen en el fondo del mar, dañan cuevas submarinas y remueven organismos que allí habitan, perjudicando directamente a innumerables peces y otros animales, alterando el equilibrio del que dependen para reproducirse, protegerse y alimentarse (Buhl-Mortensen & Buhl-Mortensen, 2018²⁷¹). Por otra parte, al ser un arte de pesca poco selectivo, genera captura de fauna acompañante compuesta por diversas especies que no son de interés comercial, produciendo una extracción dañina e innecesaria. En cuanto a la recuperación del área impactada, el nivel de sensibilidad dependerá de las características de historia de vida de las comunidades que la componen (longevidad, crecimiento, madurez, etc.) y de las condiciones medioambientales presentes, como temperatura y producción primaria (Rijnsdorp et al., 2018²⁷²; BENTHIS, 2016²⁷³).

La red de arrastre es un arte de pesca que se ha utilizado en Chile en las pesquerías de especies bentónicas y demersales orientadas a extraer merluza de cola, merluza común, merluza del sur, orange roughy o guadaña, besugo, congrio dorado, camarón nailon, langostino amarillo, langostino colorado y gamba. Su operatividad ha registrado altos porcentajes de captura incidental y de descarte, especialmente en faenas de pesca de crustáceos demersales, como el camarón nailon o el langostino amarillo. Esto ha generado altos

- 269 http://chileesmar.cl/descarga/postales_arte_pesca_web.pdf. Mar alimentación responsable. Chile California Council, Facultad de Ciencias Biológicas Pontificia Universidad Católica de Chile, SUBPESCA.
- 270 Rijnsdorp A., F. Bastardie, S. Bolam, L. Buhl-Mortensen, O. Eigaard, Hamon, J. Hiddink, N. Hintzen, A. Ivanovic, A. Kenny, P. Laffargue, J. Nielsen, F. O'Neill, G. Piet, H. Polet, A. Sala, C. Smith, P. Van Denderen, T. Van Kooten & M. Zengin. 2016. Towards a framework for the quantitative assessment of trawling impact on the seabed and benthic ecosystem. *Ices Journal Of Marine Science* January 2016, Volume 73 Pages 127-138
- 271 Buhl-Mortensen P & L. Buhl-Mortensen. 2018. Impacts of Bottom Trawling and Litter on the Seabed in Norwegian Waters. *Front. Mar. Sci.* 5:42. doi: 10.3389/fmars.2018.00042
- 272 Rijnsdorp A., S. Bolam, C. García, J. Geert, N. Hintzen, P. Van Denderen & T. Van Kooten. 2018. Estimating sensitivity of seabed habitats to disturbance by bottom trawling based on the longevity of benthic fauna. *Ecological Applications*, 28(5), 2018, pp. 1302–1312
- 273 BENTHIS. 2016. Benthic Ecosystem Fisheries Impact Study. Deliverable 1.2 Impact of Bottom Trawling on Sea Bed Integrity. Benthic Ecosystem Fisheries Impact Study.

niveles de impacto sobre distintas comunidades marinas, tanto en Chile como en el mundo entero, haciendo de este sistema un objeto de controversias. Por lo cual, varios países han eliminado esta forma de extracción y la mayor parte de las pesquerías utilizan artes de pesca alternativos.

El uso de artes de pesca altamente destructivas del ambiente marino ha sido uno de los mayores problemas que ha enfrentado la actividad pesquera en Chile. Sin embargo, desde agosto de 2018 se ha dado un gran paso al respecto, tras ser aprobada por el Estado de Chile la regulación que prohíbe la realización de actividades pesqueras extractivas con arrastre de fondo en el área marítima comprendida entre la Región de Antofagasta y el paralelo 41°28,6' L.S. (Circ. N°12/2018²⁷⁴). De esta manera, en el 98% del mar nacional quedará prohibida la pesca de arrastre, mientras que en el 2% restante se aplicará un criterio de flexibilidad en cuanto a su emplazamiento.

6.2.1.3. Cumplimiento de normativas en la explotación de los recursos y función de la fiscalización

Conforme fue expuesto detalladamente en el Capítulo 6.3, particularmente en lo referido a la normativa ambiental que protege el borde costero y sus recursos, son diversos los instrumentos que el Estado ha determinado, en su ordenamiento jurídico ambiental, con el objetivo de proteger los recursos marinos y la sostenibilidad de este medio, entre los que están la Ley sobre Bases Generales del Medio Ambiente²⁷⁵ y su Reglamento del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental²⁷⁶, la Ley de Navegación²⁷⁷ y su Reglamento para el Control de la Contaminación Acuática²⁷⁸, la Ley General de Pesca y Acuicultura²⁷⁹ y sus diversos reglamentos ambientales, incluyendo el Reglamento Ambiental de la Acuicultura, el Reglamento Sanitario de la Acuicultura y el Reglamento de Plagas Hidrobiológicas, entre otras.

Desde un punto de vista eminentemente ambiental, para Bergamini & Pérez (2015)²⁸⁰, la estructura institucional ambiental propuesta en la Ley sobre Bases Generales del Medio Ambiente fue construida, “siguiendo el modelo de la “propuesta de Ley básica de protección ambiental y promoción del desarrollo sostenible” de 1993, la cual fue elaborada para América Latina por el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), el que formulaba los criterios y normas básicas destinadas a regular la gestión ambiental del Estado y las acciones de los habitantes, a fin de alcanzar los objetivos del desarrollo sostenible del país (Olivares, 2010). De esta forma, se proponía el desarrollo de un sistema de evaluación ambiental, organizado en torno a dos niveles de control administrativo: una referido a una licencia ambiental y otro respecto al estudio de impacto ambiental; promovía la educación y capacitación ambiental; incentivaba la elaboración de un régimen de beneficios e incentivos económicos, destinado a las empresas que colaborasen con el desarrollo sostenible; y planteaba la creación de una Comisión Nacional del Medio Ambiente (CONAMA), como órgano coordinador de las políticas ambientales”.

En este sentido, los referidos autores concuerdan con lo expuesto por Cordero (1996), en cuanto que “al radicar la institucionalidad ambiental en una comisión de carácter intersectorial como era CONAMA, la Ley 19.300 se apartó de nuestra realidad organizacional e hizo suya una regulación normativa ajena a nuestro modo de ser y entender la Administración Pública, y coincidente con el proyecto de la ley marco del medioambiente para Centroamérica y Panamá”.

Ello, pues en materia de la fiscalización ambiental, el modelo que se utilizó, tuvo su base en mantener las competencias respectivas en organismos de la administración del Estado con competencia ambiental, facultados hasta ese momento con dichas funciones. Por lo que, debido a la aplicación de este modelo, la CONAMA se enfrentó a un escenario en que coexistían diferentes metodologías de fiscalización ambiental, y sin un control específico sobre los diferentes órganos del Estado involucrados en ellas. Lo anterior, más la dispersión de regulaciones ambientales en diversos instrumentos, funciones superpuestas de organismos del Estado y falta de procedimientos de información entre sus mismos órganos, fueron factores que obstaculizaron la fiscalización y cumplimiento de la legislación ambiental en Chile²⁸¹.

Las deficiencias antes señaladas, fueron factores que justificaron la revisión del modelo y su subsecuente reforma, lo que fue reforzado por varios reportes y evaluaciones a nivel nacional e internacional. De la mayor importancia fue la publicación del informe Evaluaciones del desempeño ambiental, generado por la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE) y la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) el año 2005. En dicho informe, enfocado en la situación ambiental de Chile y desarrollado en el marco de la intención del país de ser parte de dicha Organización, fue relevado el hecho de que una política de fiscalización ambiental basada en la coordinación de varios órganos de fiscalización sectorial, no es la forma más efectiva de

274 Supesca. 2018. (D.D.P.) CIRC. N°12/Valparaíso, 08 mar. 2018.

275 Véase Ley N°19.300, modificada por la Ley N° 20.417.

276 Véase D.S.(MMA) N°40, publicado en el D.O. de fecha 12 de agosto de 2013.

277 Véase D.L. N° 2.222, del 21 de Mayo de 1978, publicado en el D.O. del 31 de Mayo del mismo año.

278 Véase D.S.(M) N° 1, publicado en el D.O. de fecha 18 de noviembre de 1992.

279 Véase Ley N°18.892, Ley General de Pesca y Acuicultura, publicada en el D.O. de fecha 23 de diciembre de 1989

280 Véase K. Bergamini & C. Pérez. 2015. Fiscalización y cumplimiento ambiental en Chile: principales avances, desafíos y tareas pendientes. En EURE (Santiago), Vol.41, N°124, Santiago Sept. 2015. pp. 267-277.

281 Véase Op. Cit. N°6

organización institucional para asegurar el cumplimiento con la legislación ambiental (OCDE & CEPAL, 2005)²⁸².

En términos prácticos, las principales dificultades asociadas a dicho modelo se relacionaban con diversos factores: el hecho de que las capacidades ambientales estuvieran localizadas en agencias sectoriales, sin una mirada puramente ambiental; la duplicidad de funciones, con el consecuente incremento de costos públicos; multas bajas; ausencia de programas y metodologías para desarrollar actividades de fiscalización ambiental apropiadas; e incentivos puestos en las sanciones en vez del cumplimiento ambiental (Monckeberg, Bergamini & Pérez, 2015)²⁸³.

Es por ello, que para Bergamini & Pérez (2015) “El funcionamiento de la nueva institucionalidad ambiental en Chile ha tenido un punto de inflexión con la implementación y puesta en marcha de la Superintendencia del Medio Ambiente. En ese contexto, resultan evidentes los avances en materia de fiscalización y cumplimiento ambiental respecto del modelo de coordinación desarrollado e implementado desde 1994 a 2012. No obstante lo anterior, existen aspectos legislativos, administrativos y prácticos que deben ser revisados y modificados, en caso de que sea pertinente, para que la nueva institucionalidad ambiental pueda ser efectiva y eficiente”.

En cuanto a la fiscalización y cumplimiento de las normas asociadas a los recursos marinos, según Oscar Santis Brante (2013)²⁸⁴ “el cumplimiento de las regulaciones no depende solamente de variables económicas, como las ganancias esperadas de la actividad ilegal o las multas a enfrentar, sino también de variables sociales, entre las cuales se cuentan la legitimidad de las regulaciones, pertenencia a una comunidad, niveles de participación, grado de desarrollo moral del individuo y presión social (Sutinen y Kuperan (1999); Cárdenas, et.al. 2000; Viteri, 2003; Chávez y Viteri 2004; entre otros)”.

De esta forma, para la FAO (2016)²⁸⁵, al efectuar una revisión a la normativa pesquera nacional, en términos de verificar los objetivos y principios de la Ley General de Pesca y Acuicultura, la actual política pesquera, la Institucionalidad y las medidas de conservación y manejo sostenible, los planes de manejo; la regulación del acceso a las pesquerías, lo referente a las áreas marinas protegidas, el régimen de cooperación, la investigación para la administración pesquera, los seguimientos, controles y vigilancias, los registro de naves y pescadores, el sistema sancionatorio y delictual que es aplicable, y lo referente a los trabajadores del sector pesquero, logró concluir que (sic) que uno de los grandes avances de la Ley General de Pesca y Acuicultura es la importancia que la misma otorga al “uso sustentable” de los recursos pesqueros y, por consiguiente, al reconocimiento de la necesidad de ordenar las pesquerías, de forma tal que las generaciones futuras puedan beneficiarse de las mismas, es decir, aplicando el principio de la equidad inter-generacional.

Si bien es cierto que la inclusión del concepto de “uso sustentable” constituye para la FAO (2016) un gran avance en la ordenación de las pesquerías, para la referida institución sería recomendable, visto que el mismo art. 2 N° 61 de la Ley General de Pesca y Acuicultura indica la necesidad de incorporar la perspectiva internacional, que en su aplicación a largo plazo, se avance en la incorporación de elementos que contribuyan no solo a la sostenibilidad de los recursos, sino que, también, a la del medio ambiente, la económica y la social.

Además, para la ya señalada institución, es recomendable que, de manera progresiva, el concepto de Enfoque Ecosistémico de la Pesca (EEP), el cual es incluido en la Ley, sea ampliado para incluir los demás componentes bióticos y la dimensión humana del ecosistema; así como sus interacciones, aplicando un enfoque integrado de las pesquerías dentro de los límites ecológicamente significativos.

En términos de gobernanza responsable, la FAO (2016) concluyó que la ley (sic) establece, en su articulado, algunos de sus principios; por lo que, en particular, se hacen explícitos los conceptos de transparencia, responsabilidad, inclusividad y participación en la administración de los recursos pesqueros, los que son desarrollados, además, en normas de carácter complementario. En consecuencia, para dicha entidad es recomendable continuar con el trabajo con los actores sectoriales para desarrollar mecanismos que aumenten su participación y con ello la transparencia en las decisiones, en el cumplimiento también de la Ley N° 20.285 sobre Transparencia en la función pública y acceso a la información pública y la Ley N° 20.500 sobre asociaciones y participación ciudadana en la gestión pública.

282 Véase Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE) & Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). (2005). Evaluaciones del desempeño ambiental, Chile. CEPAL, Santiago, Chile. Disponible en http://www.sinia.cl/1302/articles-57009_EDA2005_OCDE_CEPAL.pdf

283 Véase Monckeberg, J.C., Bergamini, K. & Pérez, C. (2015). Environmental enforcement networking efforts in Chile: Lessons learnt and challenges ahead. En M. Faure, P. De Smedt & A. Stas, Environmental enforcement networks; concepts, implementation and effectiveness (pp. 470-481). Londres: Edward Elgar Publishing. doi:10.4337/9781783477401.00037

284 Véase O. Santis. 2013. Fiscalización y Cumplimiento de Normas en un Sistema de Derechos de Uso Territorial en la Pesca: Un análisis experimental en campo en Áreas de Manejo y Explotación de Recursos Bentónicos (AMERB) de la Región del Bío Bío, Chile. Tesis presentada a la Facultad de Ciencias Económicas y Administrativas de la Universidad de Concepción para optar al Grado Académico de Magíster en Economía de Recursos Naturales y del Medio Ambiente.

285 Véase Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). 2016. Asistencia para la revisión de la Ley General de Pesca y Acuicultura, en el marco de los instrumentos, acuerdos y buenas prácticas internacionales para la sustentabilidad y buena gobernanza del sector pesquero. Informe Final del Proyecto UTF/CHI/042/CHI. Septiembre, 2016. http://www.subpesca.cl/portal/616/articles-94917_informe_final.pdf.

Asimismo, para la FAO (2016) es recomendable que la Ley incluya, dentro de sus principios rectores, expresamente a la seguridad alimentaria, puesto que es consistente con determinado en la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible de la ONU, el cual fue ratificada por Chile, especialmente en sus objetivos 2 (“Poner fin al hambre, lograr la seguridad alimentaria y la mejora de la nutrición y promover la agricultura sostenible”), ODS²⁸⁶ 12 (“consumo y producción”), ODS 14 (“océanos”) y ODS 15 (“biodiversidad”).

Con relación al cambio climático, la FAO (2016) sugirió que se incluya, a un nivel normativo, la posibilidad de desarrollar acciones para promover la evaluación, prevención y desarrollo de la capacidad de adaptación sectorial ante el cambio climático; recomendando, entre otras cosas, fomentar la realización de estudios y establecer planes de contingencia para hacer frente a las posibles situaciones que podrían ocasionarse como resultado del cambio climático; aumentar la preparación y flexibilidad en la toma de decisiones por parte de la administración con respecto a este tipo de eventos y difundir información sobre el cambio climático y sus consecuencias a los distintos actores del sector.

Finalmente, FAO (2016) consideró recomendable que la forma de acceder y asignar los derechos debe adecuarse a las condiciones y circunstancias locales, procurando la gestión sostenible de los recursos pesqueros y la aplicación del enfoque de pesca basada en derechos. Además, de que se debiera reconocer y garantizar los derechos de los pueblos originarios a los recursos pesqueros, incluido su manejo y conservación, así como fomentar su participación en el ámbito pesquero, sin detrimento de los derechos que legalmente corresponden a otros usuarios; así como también, propuso distinguir los tipos de pesca artesanal, en función de la naturaleza del esfuerzo pesquero realizado y ofrecer marcos normativos diferenciados, garantizando el acceso equitativo a los recursos en función de la capacidad tecnológica de cada categoría.

6.2.2. Los desequilibrios derivados de la explotación del mar

6.2.2.1 Contaminación del mar y del borde costero debido a actividades terrestres

La contaminación marina se define como “la introducción, directa o indirecta, de sustancias o energéticos en el medio marino (incluyendo los estuarios), la cual acaba por dañar los recursos vivos, poner en peligro a la salud humana, alterar las actividades marinas –entre ellas la pesca– y reducir el valor recreativo y la calidad del agua del mar” (GESAMP, 1972²⁸⁷). El mar cubre el 71% de la superficie de la tierra, tiene 2,7 km de espesor promedio y 1.400.000 km³ que se distribuyen en toda la superficie terrestre. La magnitud de estas cifras ha contribuido al mito de que el mar tiene una capacidad de dilución infinita y que, por lo tanto, puede servir como un gigantesco vertedero para todos los desechos producidos por el hombre. Este mito estaría justificado si los desechos se dispersaran y diluyeran instantáneamente, pero en el mar los procesos físicos no actúan tan rápido. En algunas zonas los desechos se pueden acumular y, en consecuencia, dañar al medio.

Uno de los procesos de contaminación marina de mayor preocupación es la de carácter químico, la que puede provenir desde una fuente natural (como, por ejemplo, una erupción volcánica) o un origen antropogénico. Ésta última, por lo general, la constituyen productos químicos que penetran en el medio ambiente y persisten en él, durante largos períodos de tiempo (Chiang, 1988²⁸⁸). La contaminación química es provocada por la adición de sustancias de la más diversa composición, que en su conjunto alteran las propiedades que debe tener el agua para los distintos usos a que es destinada (López, 1994).

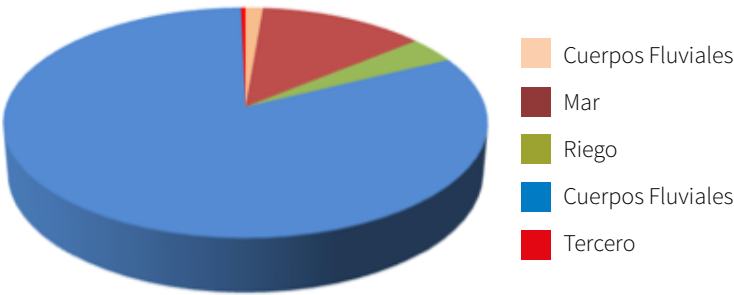
La calidad del agua en las zonas costeras y cercanas al litoral constituye un motivo creciente de inquietud, debido a que la contaminación es el mayor problema que afecta a estas zonas (Quilodrán, 2002²⁸⁹). En Chile, a excepción de su capital administrativa (que no se localiza en un sector costero), las mayores poblaciones se concentran en las bahías o cercanas a ellas. Éstas son áreas protegidas en forma natural, por lo que en ellas se desarrollan actividades múltiples, generalmente incompatibles entre sí. La mayoría de las actividades desarrolladas actualmente en las bahías producen alteraciones y modificaciones del ambiente, pudiendo en su conjunto producir daños considerables en esta área (Ahumada, 1995²⁹⁰). La diversidad de contaminantes que pueden llegar a acumularse en estas áreas puede transformar los sedimentos en una matriz de alta toxicidad, con procesos de desfaunación creciente (Mudge & Seguel 1999²⁹¹, Rudolph et al. 2002²⁹²). La materia orgánica presente en altas concentraciones en los sedimentos puede afectar el

- 286 ODS, corresponde a Objetivos de Desarrollo Sostenible. Véase: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/>
- 287 GESAMP. 2015. Sources, fate and effects of microplastics in the marine environment: a global assessment. (Kershaw, P.J., ed.). (IMO/FAO/UNESCO-IOC-UNIDO/WMO/IAEA/UN/UNEP/UNDP Joint Groups of Experts on the Scientific Aspects of Marine Environmental Protection). Rep Stud. GESAMP No. 90, 96 p.
- 288 Chiang, J. 1988. Niveles de metales pesados en organismos, agua y sedimentos marinos recolectados en la V región de Chile. Memorias del Simposio Internacional de los Recursos Vivos y las Pesquerías en el Pacífico Sudeste Chile, Viña del Mar, 9-13 mayo, Pág. 205-215.
- 289 Quilodrán, B. 2002. Síntesis y Caracterización de resinas con capacidad extractivas de iones metálicos con impacto en el medio ambiente”. Tesis de Magister en Ciencias, mención Química, Universidad de Concepción.
- 290 Ahumada, R. 1995. Bahías: áreas de uso múltiple, un enfoque holístico del problema de la contaminación. Ciencia y tecnología del mar (Nº especial): 59-68.
- 291 Mudge, S. & C. Seguel. 1999. Organic contamination of San Vicente Bay, Chile. Marine Pollution Bulletin 11(38): 1011-1021.
- 292 Rudolph A, R Ahumada & C Pérez. 2002. Dissolved oxygen content as an index of water quality in San Vicente Bay, Chile (36°45´ S). Environmental Monitoring and Assessment 78: 89-2002.

balance del oxígeno disuelto de los mismos, mientras que altos contenidos de metales pesados e hidrocarburos afectan la salud de los organismos, reducen la biodiversidad y la abundancia de especies (Van Den Hurk et al. 1996²⁹³). Mientras, como todas las urbes del mundo, las ciudades con mayor población generan mayores volúmenes de aguas servidas, las que en cualquier caso son sometidas a tratamiento.

A diciembre de 2016, el sector sanitario que opera en las zonas urbanas del país, estaba constituido por 60 concesionarias cuyas áreas de concesión abarcan un universo de 17.350.812 habitantes. A nivel nacional, la cobertura de agua potable fue 99,92%, mientras que la de alcantarillado fue 96,83% (SISS, 2016²⁹⁴). La distribución según su destino final del total de aguas servidas tratadas a nivel nacional, se aprecia en la Figura 6.52. Se aprecia que el 12,7% de las aguas tratadas van al mar (38 de las 299 plantas de tratamientos de aguas servidas), de este total, un 86,8% de los tratamientos de las aguas servidas se resuelven a través de emisarios submarinos, lo que se traduce en vertimiento de materia orgánica que altera las propiedades de las aguas y sedimentos marinos receptores.

Figura 6.52 Destino de las aguas tratadas en Chile en el año 2019. http://www.siss.gob.cl/586/articles-17439_recurso_1.xlsx (SISS, 2019<?>)



<?> Superintendencia de Servicios Sanitarios (SISS). 2019. Resultados de Evaluación de Plantas de Tratamiento de Aguas Servidas (PTAS) Año 2019. http://www.siss.gob.cl/586/articles-17439_recurso_1.xlsx. Visitado el 05 de agosto de 2019.

Dada la extensa costa con que cuenta el litoral nacional, junto con la discontinuidad de ocupación del territorio, la dispar densidad poblacional y las diversas actividades productivas que se llevan a cabo a lo largo del territorio, hace que las fuentes de contaminación que afectan al borde costero y a los ecosistemas marinos sean distintos dependiendo de las Regiones en las cuales se centre el estudio. Por lo anterior, a continuación, se hará un breve repaso de las fuentes de contaminación que pueden menoscabar el borde costero considerando las regiones naturales de Chile.

- **Situación General del Borde Costero Nacional**
- Regiones XV, I, II y III

Las Regiones XV, I, II y III (Arica Parinacota, Tarapacá, Antofagasta y Atacama, respectivamente), abarcan todo el Norte Grande y parte del Norte Chico de Chile. Esta zona se asocia evidentemente con la explotación y refinación de diversos minerales. No obstante, el cobre encabeza el listado entre los minerales más importantes de Chile, siendo en la actualidad el mayor país productor del mundo con un 34% del total de producción de cobre. Lo anterior, ambientalmente, no ha sido gratuito. La producción del cobre se ha acompañado de pasivos ambientales, siendo los más importantes desde el punto de vista del medioambiente marino, la existencia de tranques de relaves cuyos residuos fueron descargados al mar durante años, ya sea en forma directa, a través de emisarios submarinos, como en forma indirecta, a través de cursos de aguas naturales (ríos, esteros). Esto trajo consigo amplias zonas costeras con presencia de altas concentraciones de metales pesados, tales como cobre, mercurio, cadmio, níquel y zinc, entre otros. Caso emblemático lo constituye Chañaral: desde 1938 y hasta 1991 los relaves de Potrerillos y El Salvador se vaciaron, a través del río Salado, en el litoral de Chañaral, lo que repercutió directamente en la calidad ambiental de sus playas. De acuerdo a Fernández et al. (2001²⁹⁵), las aguas marinas de la zona intermareal de Chañaral presentaron valores de cobre promedio de 190 ppb, dos órdenes de magnitud por sobre los medidos más al interior y en otras áreas de la Región de Atacama. Esta alteración de las aguas y sedimentos por metales pesados no sólo puede causar la muerte de muchos organismos marinos, sino también algunos de ellos, como los moluscos filtradores, pueden bioacumular

293 Van den Hurk, P., R.H.M. Eertman & J. Stronkhorst. 1996. Toxicity of Harbour Canal sediments before dredging and after off-shore disposal. *Marine Pollution Bulletin* 34(4): 244-249.

294 Superintendencia de Servicios Sanitarios (SISS). 2016. Informe de Coberturas Sanitarias. 19 p.

295 Fernández, E., M.L. Silva, I. Sánchez, O. Pavez, R. Díaz R. & P. Fabry. 2001. Libro Resúmenes XXI Congreso de Ciencias del Mar. Viña del Mar. Página 31.

grandes concentraciones en sus tejidos, traspasando estos elementos en la trama trófica, pudiendo alcanzar al ser humano que consume a estos organismos. Esto resulta especialmente relevante en ciudades costeras del norte de Chile (Arica, Iquique, Antofagasta, por mencionar algunas), dada la gran cantidad de caletas pesqueras que se localizan en esta zona del litoral: 49 caletas pesqueras oficiales entre la XV y II Regiones de acuerdo al D.S. 240/1998 que fija nomina oficial de caletas de pescadores artesanales.

Otra fuente importante de aportes de contaminantes al medio marino la constituyen los puertos comerciales, pesqueros y/o de cabotaje del norte de Chile. En esta zona del país es posible encontrar tres grandes puertos: Arica, Iquique y Antofagasta. A esto se adicionan otros puertos de menor envergadura como Patache, Mejillones, Taltal, Tocopilla, Huasco, Chañaral y Caldera (DIRECTEMAR, 2016²⁹⁶). La ubicación de los puertos privilegia el interior de las bahías, considerando la protección a vientos y/o marejadas y, en general, la presencia de corrientes de menores magnitudes, aumentando así los tiempos de residencia y la sedimentación de partículas en dichos sectores. La actividad portuaria es compleja, requiere de servicios de carga/descarga, suministros, combustible, traslado de personal y reparaciones, lo que sumado a eventos de derrames crónicos de hidrocarburos e ingreso de residuos, hacen de las zonas portuarias sistemas fuertemente alterados, con una alta presión ambiental y una paulatina alteración de la calidad de las aguas y sedimentos (Ahumada 1995, Rudolph et al. 2002²⁹⁷). Existe abundante evidencia sobre la acumulación de contaminantes en el sedimento de las instalaciones portuarias y sus alrededores. Aguirre-Martínez et al. (2009)²⁹⁸, por ejemplo, en estudio comparativo de los puertos de Iquique, San Vicente y Talcahuano, mostró que el puerto de Iquique presentó las mayores concentraciones de metales (20 µg/g de cadmio; 370 µg/g de plomo y 514 µg/g de cobre). Otras bahías del Norte Grande han sido profusamente estudiadas, como la Bahía de Mejillones del Sur (Valdés & Sifeddine, 2009²⁹⁹; Valdés et al, 2000³⁰⁰, 2005, 2007), Bahía San Jorge (Calderón & Valdés, 2012³⁰¹), sistema de bahías de Caldera (Valdés & Castillo, 2014³⁰²), por mencionar algunas. Calderón & Valdés (2012) encontraron que la mayor concentración de metales pesados en sedimentos correspondió al sector del Puerto de Antofagasta; en tanto, Valdés & Castillo (2014) concluyeron que los niveles de metales medidos en las bahías Caldera, Calderilla, Inglesa y Salada, mostraron un enriquecimiento incipiente de metales pesados asociado a la actividad antrópica desarrollada en la zona pero que, de momento solamente, suponen un riesgo ocasional para las comunidades bentónicas. Por su parte, Valdés & Sifeddine (2009) demostraron que en la Bahía Mejillones los sedimentos marinos estarían levemente enriquecidos en la actualidad por níquel, plomo y zinc, aun cuando los valores se mantendrían dentro de un rango cercano a los niveles preindustriales.

Otra fuente de aporte de contaminantes al medio marino en la zona norte analizada la constituyen los procesos de elaboración de la harina. Si bien la nueva institucionalidad ambiental ha permitido la disminución notable de la descarga de residuos industriales líquidos directamente desde el borde costero a las aguas y sedimentos marinos, no ha impedido la descarga del pescado desde las bodegas de los barcos, aportando principalmente agua y materia orgánica, reflejados en restos de pescado, escamas, vísceras, sangre, que son devueltos, la mayor de las veces, sin tratamiento alguno. La degradación de estos desechos puede ocasionar zonas de microoxigenación o directamente hipoxia en la columna de agua, alterando el ecosistema marino.

Otra actividad que se vincula a los sectores costeros y que en los últimos años ha aumentado en Chile su presencia en el norte del país, son las centrales termoeléctricas, especialmente las que utilizan como fuente de energía el carbón. Como parte de su proceso de producción de energía, estas plantas deben ser enfriadas, para lo cual utilizan principalmente un sistema de enfriamiento directo en el que agua de mar es captada y bombeada a los condensadores, para luego ser emitida a una temperatura 8 a 12 °C por encima de su temperatura de entrada, siendo posteriormente devuelta con esta nueva temperatura al mar. Se estima que las termoeléctricas requieren de aproximadamente 95 litros de agua para producir 1 kWh, (Feeley III et al. 2008³⁰³). En el caso de termoeléctricas costeras, adicionalmente, la captación de agua implica además que grandes cantidades de organismos planctónicos sean sometidos a rápidos incrementos de temperatura y presión, daños mecánicos por abrasión y efecto de biocidas antiincrustantes, provocando impactos

- 296 Dirección del Territorio Marítimo y de Marina Mercante (Directemar). Programa de Observación del Ambiente Litoral, (P.O.A.L.). <https://www.directemar.cl/directemar/intereses-maritimos/p-o-a-l-programa-de-observacion-del-ambiente-litoral/programa-de-observacion-del-ambiente-litoral-p-o-a-l>. Visitado el 05 de agosto de 2019
- 297 Ahumada, R.; Rudolph, A.; Contreras, S. 2002. Contenido de metales (Ba, Cd, Co, Cr, Cu, Ni, Pb, Sr, V y Zn) en los sedimentos marinos de la región patagónica (52°-56° S), Chile. Ciencia y Tecnología del mar. 25: 77-86.
- 298 Aguirre-Martínez, G., A. Rudolph, R. Ahumada, R. Loyola & V. Medina. 2009. Toxicidad no específica en sedimentos portuarios, una aproximación al contenido de contaminantes críticos. Rev. biol. mar. oceanogr. 44(3): 725-735.
- 299 Valdés, J. & A. Sifeddine. 2009. Composición elemental y contenido de metales en sedimentos marinos de la bahía Mejillones del Sur, Chile: evaluación ambiental de la zona costera. Lat. Am. J. Aquat. Res., 37(2): 131-141.
- 300 Valdés, J., L. López, S. Lo. Mónaco & L. Orlieb. 2000. Condiciones paleoambientales de sedimentación y preservación de la materia orgánica en bahía Mejillones del Sur (23°S), Chile. Revista de Biología Marina y Oceanografía 35(2): 169-180.
- 301 Calderón, C. & J. Valdés. 2012. Contenido de metales en sedimentos y organismos bentónicos de la bahía San Jorge, Antofagasta, Chile. Revista de Biología Marina y Oceanografía 47(1): 121-133.
- 302 Valdés, J. & A. Castillo. 2014. Evaluación de la calidad ambiental de los sedimentos marinos en el sistema de bahías de Caldera (27°S), Chile. Lat. Am. J. Aquat. Res., 42(3): 497-513.
- 303 Feeley III, T.J., T.J. Skone, G.J. Stiegel, J.R., A. McNemar, M. Nemeth, B. Schimmoller, J.T. Murphy & L. Manfredo. 2008. Water: A critical resource in the thermoelectric power industry. Energy 33: 1-11.

negativos sobre su abundancia, composición y sobrevivencia (Bamber & Seaby 2004³⁰⁴). Roco (2010³⁰⁵) demostró que el efecto combinado de aumento de temperatura en 6 °C y presencia de antiincrustantes disminuye drásticamente las tasas de ingestión de alimento y de crecimiento y la supervivencia de juveniles del gasterópodo *Concholepas concholepas*, además de afectar la producción de proteínas de estrés térmico. En la actualidad las centrales termoeléctricas forman parte del paisaje costero nacional, especialmente en algunas bahías. Así, en Bahía de Mejillones, AES Gener administra las centrales del Complejo Norte, que incluyen Cochrane (548 MW) y Angamos (545 MW), y la Central Nueva Tocopilla (277,3 MW), en Tocopilla. Mientras que en Huasco posee la Central Termoeléctrica Guacolda (760 MW). ENGIE, por su parte, tiene a cargo como parte del Complejo Norte, las centrales a petróleo diésel de Diésel Arica (14,3 MW), Diesel Iquique (43 MW), Diésel Tamaya (103,7 MW) y Termoeléctrica Tocopilla (41 MW); mientras que administra las centrales térmicas a carbón de Termoeléctrica Mejillones (225,9 MW) y Termoeléctrica Tocopilla (397,32 MW) (<http://generadoras.cl/>). ENEL, en tanto, administra las centrales a gas natural de Atacama (780,6 MW) y Taltal (244,9 MW) en la Región de Antofagasta y la central a carbón Tarapacá TC (158 MW).

Junto con lo anterior, y teniendo como característica también la toma de agua, han comenzado a aparecer las plantas desalinizadoras, como respuesta a la escasez de agua potable y de agua para usos industriales en el norte de Chile. Una planta desaladora capta agua del mar y la procesa mediante distintos sistemas hasta convertirla en apta para el consumo humano y/o para usos industrial y agrícola. Desde el punto de vista medioambiental el funcionamiento de estas plantas se correlaciona con varios impactos en el medio marino: generación de descarga de salmuera (por lo general, hasta 69 g/L, considerando que el agua de mar en el norte de Chile promedia los 34-35 g/L), que pueden contaminar los acuíferos y dañar los ecosistemas acuáticos, debido al contenido en sales; succión de aguas con contenido de plancton, afectando la productividad primaria y secundaria; y aporte de contaminantes, debido a los pretratamientos químicos y anticorrosivos (cloruro férrico, ácido cítrico, ácido sulfúricos, entre otros compuestos). Sólo por nombrar algunas, en Chile ya se encuentran funcionando las plantas desalinizadoras de Escondida EWS (2.500 L/s), Distrito Centinela (50 L/s), Sierra Gorda (63 L/s), Planta desaladora Cerro Grande (600 L/s), Planta Coloso (525 L/s), Planta Desalinizadora Minera Candelaria (500 L/s), Planta Desaladora Michilla (75 L/s), Abastecimiento de Agua Desalada Mantoverde (120 L/s), entre otras. A esto se deben adicionar los nuevos proyectos que se encuentran en la actualidad en evaluación en el Sistema de Evaluación Ambiental.

El uso de agua de mar para propósitos de enfriamiento y de desalinización y su posterior descarga de aguas calientes e hipersalinas hacia el mar, evidentemente provoca efectos mortales inmediatos sobre diversos componentes de la flora y de la fauna, así como efectos indirectos, tales como alteración en la movilidad y comportamiento, crecimiento, tamaño o alteración de la madurez sexual de tales organismos.

- Regiones IV a VII

Las Regiones IV a VII (Coquimbo, Valparaíso, O'Higgins y Maule, sin contar la Región Metropolitana), el desarrollo de la zona se basa fundamentalmente en las actividades comercial, silvoagropecuaria e industrial, en esta última destaca la industrialización de harina de pescado y conservas, así como también la minera, representada por la extracción de oro, plata, cobre y manganeso, ambas presentes en menor escala a la existente en la zona norte.

Por lo anterior, las principales fuentes de contaminación de mar la constituyen la agricultura (fertilizantes, herbicidas, fungicidas e insecticidas principalmente), los que suelen alcanzar el mar desde zonas interiores a través de los ríos. Ejemplo de ello lo representa la cuenca del río Aconcagua en la V Región, que se constituye en el soporte para los principales asentamientos humanos, procesos productivos y de servicios de la Región de Valparaíso. De acuerdo al CENMA (2015³⁰⁶) el río Aconcagua es el segundo eje de crecimiento de la región donde se llevan a cabo diferentes actividades de minería en la cordillera, como es la División Andina de CODELCO Chile en el río Blanco, y en las cabeceras de algunos tributarios (Estero Catemu, Los Litres). Existen también importantes proyectos hidroeléctricos en la zona (Termoeléctricas San Isidro y Nehuenco), que son alimentados con aguas de la parte alta de la primera sección del río Aconcagua, y una importante y extensa actividad agrícola. Otras actividades como extracción de áridos, industria manufacturera, turismo y servicio de transporte se desarrollan en la cuenca, haciendo de ella una zona de alta demanda y múltiples usos. La acción antrópica sobre el río Aconcagua ha influido en la pérdida evidenciada en la calidad del suelo y de las aguas marinas sobre las cuales descarga el río.

304	Bamber, R.N. & R.M.H. Seaby. 2004. The effects of power station entrainment passage on three species of marine planktonic crustacean, <i>Acartia tonsa</i> (Copepoda), <i>Crangon crangon</i> (Decapoda) and <i>Homarus gammarus</i> (Decapoda). <i>Marine Environmental Research</i> 57: 281-294.
305	Roco R. 2010. Efecto del aumento de temperatura y presencia de pintura anti-incrustante sobre la supervivencia, crecimiento, alimentación y estrés en juveniles de loco <i>Concholepas concholepas</i> (Gastropoda, Muricidae): Impacto potencial de termoeléctricas costeras. Tesis de Licenciatura, Universidad Católica del Norte, Coquimbo.
306	Centro Nacional del Medio Ambiente (CENMA). 2015. Estudio para actualización de antecedentes técnicos para desarrollar la norma secundaria de calidad para la protección de las aguas continentales en la cuenca del río Aconcagua, Región de Valparaíso. Informe Final. SEREMI Medio Ambiente, Región de Valparaíso, Ministerio de Medio Ambiente. 100 pp.

Otra fuente evidente de aporte de contaminantes a las aguas marinas en estas regiones son las descargas domésticas de aguas servidas y residuos industriales líquidos, como consecuencia de la alta actividad industrial y la presencia de los núcleos urbanos más importantes (Santiago, Valparaíso), con alta densidad poblacional. En estas regiones se encuentran 2 de las tres regiones más grandes de Chile: Metropolitana de Santiago (7.112.808 habitantes) y Valparaíso (1.815.902 habitantes) (INE 2017). Lo anterior genera gran cantidad de aguas servidas que, si bien gran parte de ellas reciben un tratamiento antes de ser vertidas al mar, aún persisten aguas que se vierten directamente al mar por múltiples efluentes existentes a lo largo de la línea de costa, generando principalmente contaminación microbiológica por altos contenidos de coliformes fecales. Esto último no sólo repercute en la salud de las personas en forma directa por contagio de enfermedades infecciosas (cólera, hepatitis, etc.), sino que también se puede afectar la salud de la población a través del consumo de pescados y mariscos contaminados con agentes patógenos causantes de una serie de enfermedades, especialmente del tipo gastrointestinal. Sólo a modo de ejemplo, de acuerdo a la información entregada por Esval S.A. (Empresa Sanitaria de Valparaíso, Aconcagua y Litoral), año 2017, de los 134.749.898 m³ tratados en el año 2017, un 73,4% corresponde a emisarios submarinos, un 19,6% a lodos activados y solo un 7,0% a lagunas aireadas.

Finalmente, debe destacarse que entre las Regiones IV y VII también se hayan un sistema importante de bahías que albergan muchas actividades industriales, destacando las del tipo portuaria, pesquera, acuícola y energía. Así, el sistema de bahías de la IV Región, constituye un foco importante de actividad portuaria, pesquera y acuícola, que ha generado impacto en las mismas. Destacan las bahías de Coquimbo, Guanaqueros y Tongoy. En este se encuentra el puerto de Coquimbo y el de Tongoy, con sus respectivos aportes de sustancias contaminantes al medio marino. La actividad pesquera también resulta relevante: sólo en la IV Región se localizan 33 caletas pesqueras oficiales (D.S. 240/1998). La actividad acuícola es activa también en la IV Región, la que produjo en el año 2017 (SERNAPESCA, 2019³⁰⁷), 2.129 toneladas del alga pelillo, 200 ton de abalón rojo, 4.241 ton de ostión del norte y 19 ton de ostra del pacífico. El cultivo de organismos filtradores como ostiones y ostras, aunque no implica un suministro externo de alimento, también tiene diferentes efectos ambientales y concentran elementos de desecho en las inmediaciones a los centros donde son cultivados. Sin embargo, es necesario indicar que sus efectos son al menos 15 veces menores que el de organismos que requieren un aporte exógeno de alimento como en el caso de los salmones. A pesar de ello, debe indicarse que los filtradores producen un aumento de la biodepositación en el lugar de cultivo junto con una disminución de la sedimentación en un área geográfica mayor, fenómeno que no ocurre en el cultivo de salmones.

Las bahías en la V Región también presentan ocupación portuaria, pesquera y de proyectos energéticos, entre otros usos. Así, la bahía de Quintero presenta múltiples usos, todos los cuales generan intervención antrópica. Destacan las Centrales Termoeléctricas Campiche y la Central Termoeléctrica Ventanas (Unidades 1, 2, 3 y 4) de AES Gener con 884 MW instalados, y la Central Térmica Quintero (257 MW) de ENEL; el Puerto de Ventanas (aportando carbón y cobre al borde costero), 4 terminales marítimos de combustibles, pertenecientes uno a Oxiquim y los otros tres a la Refinería de Petróleos de Concón (ENAP), las caletas pesqueras de El Embarcadero y El Manzano, playas de uso turístico como Loncura y Ventanas, Áreas de Maneo y Explotación de Recursos Bentónicos (Ventanas – Los Lunes y Norweste Península Los Molles), entre otras actividades.

Desde la VI a la VII Regiones la información sobre contaminación marina es muy escasa. No se registran puertos de importancia, con excepción del puerto privado de Constitución. Se ha identificado que en la Región del Maule casi la totalidad de las localidades descargan indirectamente sus aguas servidas al mar, ríos, esteros o canales, los que tienen como punto común de encuentro el océano.

• Regiones VIII a X

Esta es una zona que cuenta con variados recursos naturales, los que constituyen el desarrollo de múltiples actividades, que incluye la agrícola, ganadera, industrial forestal, del papel y la celulosa, minería del carbón y del acero, constituyéndose además como la principal zona productora de harina de pescado y desarrollo de la acuicultura del país. También se constituye como una zona con alta densidad poblacional. De hecho, la VIII del Biobío³⁰⁸ es la tercera región con mayor cantidad de habitantes (1.556.805 habitantes, INE, 2017). También destaca entre estas regiones el sector silvoagropecuaria, cuya producción constituye la materia prima fundamental para el desarrollo de la agroindustria de la zona como, por ejemplo, lecherías, molineras, plantas faenadoras de carnes, entre otras.

La VIII Región se caracteriza por poseer bahías de múltiples usos altamente intervenidas. Ejemplo de ello es la Bahía San Vicente-Talcahuano. En la bahía San Vicente coexisten distintas actividades: un complejo siderúrgico, industrias químicas, industrias pesqueras, astilleros menores, actividades de cabotaje, puerto pesquero artesanal, bancos de mariscos de explotación artesanal y áreas de

307 Servicio Nacional de Pesca (SERNAPESCA). 2019. http://www.sernapesca.cl/sites/default/files/6.1_cosechas_centros_de_cultivo_por_region_2017.xlsx. Visitado el 05 de agosto de 2019.

308 Desde el 2 de agosto de 2017, la Región del Biobío fue dividida en 2: Región del Biobío y Región de Ñuble, por lo que la Región de Valparaíso pasó a ser la segunda región con mayor cantidad de habitantes.

cultivo marinos. Ya en 1989, Ahumada et al.³⁰⁹ indicaron que en términos estéticos, en esta bahía el deterioro ambiental es evidente y se observan incompatibilidades de usos. En la década de los 80', el crecimiento de la industria pesquera de la Región del Biobío fue notable, instalándose numerosas industrias que poseían tecnologías inadecuadas u obsoletas para evitar la contaminación marina con sus aportes de riles a las bahías de la zona. Las industrias de harina de pescado, ubicadas en Talcahuano y San Vicente, emitieron altos niveles de grasas y aceites al mar, como también significativas concentraciones de desechos nitrogenados, provenientes de la degradación de proteínas musculares del proceso de cocción de peces y de su sangre. En muchos casos, estas aguas fueron vertidas con altas temperaturas y con compuestos químicos. En 1988, los problemas de contaminación marina por riles en Talcahuano y San Vicente alcanzaron sus niveles más críticos, con nueve industrias pesqueras en operación en Canal El Morro o Rocuant y seis en Bahía de San Vicente, vertiendo sus riles al medio marino, a veces directamente sobre las playas. Los efectos más negativos se observaron en Marisma Rocuant transformando rápidamente este ecosistema en un lugar pestilente por los malos olores, con vegetación cubierta de aceites y grasas y eliminado todo rastro de vida acuática que existía en el (EULA, 2014³¹⁰). Hoy en día la situación ha cambiado, pero aun la marisma no se recupera totalmente, pese a que desde el año 1990, existen diversos reglamentos y decretos que obligaron a las industrias pesqueras de la zona a mejorar sus procesos productivos, principalmente sus riles, y, de este modo atenuar la contaminación del medio marino, terrestre y atmosférico. Los problemas de contaminación más serios que produjeron los riles pesqueros sin un adecuado tratamiento en el ambiente marinos costeros fueron: a) disminución del oxígeno disuelto en la columna de agua debido a la demanda para oxidar la materia orgánica; b) creación de bolsones de aguas sin oxígeno; c) aumentos de la temperatura del agua; y, d) cubrimientos de la superficie del agua y orillas de playas con capas de aceites y grasas insolubles.

Otras áreas costeras que están afectadas por las descargas de riles son Lota, Coronel y Arauco, donde la existencia de industrias pesqueras en las dos primeras, y de celulosa, en la última, sumadas a las descargas directas de aguas servidas crean situaciones de alta contaminación química y orgánica con la consiguiente desafinación en el bentos marino.

La Bahía de Concepción también ha sido estudiada desde ya hace algunos años. Chuecas (1989³¹¹) determinó en sedimentos marinos de la bahía que las concentraciones promedios máximas de mercurio (1,32 ppb) corresponderían a valores muy superiores, tanto al estándar EPA (0,10 ppb) como también a la concentración natural promedio (0,05 ppb). No obstante Carrera et al. (1993)³¹² consideraron que los niveles de cadmio, cobre, cobalto, níquel, plomo y zinc en la bahía de Concepción eran bajos y similares a los niveles considerados como naturales. También Franco et al. (2001³¹³) analizaron los contenidos de hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP) en la bahía Concepción, concluyendo que los sedimentos de las estaciones localizadas cercanas a los puertos de Penco y Lirquén y desembocadura del río Andalién (y puerto de Talcahuano) presentaron las mayores concentraciones de hidrocarburos alifáticos. Los resultados indicaron también al puerto de Talcahuano, como el área de mayor acumulación de hidrocarburos tanto alifáticos como aromáticos.

Como se mencionó anteriormente, la alta población de la VIII Región ha generado también problemas en la descarga de aguas servidas al mar. La habilitación de emisarios submarinos para eliminar las aguas servidas se ha incrementado en la VIII Región. En la actualidad, existen tres emisarios de este tipo ubicados en los sectores de Penco-Lirquén, Tomé y Coronel Sur, y pronto estarán en funcionamiento los de Coronel Norte, Lota y San Vicente-Talcahuano. Este último será el de mayores proporciones, internándose en el mar 1.800 m en Punta Los Lobos, en el sector norte de la Bahía de San Vicente.

También existe presencia de generadoras eléctrica a carbón en la VIII Región. Aquí ENEL es propietaria de la Central Térmica a carbón Bocamina (478 MW), la cual también capta agua de mar (45.000 m³ h⁻¹) para el sistema de refrigeración, con las consecuencias ambientales que ya se han mencionado.

Finalmente, la costa de la VIII Región se está transformando en una importante zona de actividad portuaria, para atender la demanda de transporte de diversos tipos de cargas que llegan o salen vía marítima. En el litoral de la región existen muelles para la operación de buques de cargas en Lirquén, Talcahuano, San Vicente, Huachipato y Lota y desembarque de pesca en Tomé, Lirquén, Penco, Talcahuano, San Vicente, Lota, Coronel y Lebu. Como se ha descrito, toda la actividad portuaria tiene potenciales impactos sobre el ambiente marino en su construcción (instalación de pilotes y molos de protección para los muelles), los que una vez funcionando pueden alterar los flujos de corrientes y depositación de sedimentos. Junto con lo anterior se debe destacar la actividad de reparación y/o construcción de buques y naves mayores en diques o astilleros como los de ASMAR, en el suroeste de la Bahía de Concepción y de

- 309 Ahumada, R., A. Rudolph, S. Madariaga & F. Carrasco. 1989. Descripción de las condiciones oceanográficas de la Bahía San Vicente y antecedentes sobre los efectos de la contaminación. *Biología Pesquera* (Chile) 18: 37-52.
- 310 EULA. 2014. Proyecto Análisis de Riesgos de Desastres y Zonificación Costera, Región del Biobío. Código BIP 30098326. Expediente Comunal Talcahuano. Gobierno Regional Región del Biobío. 89 pp.
- 311 Chuecas, L. 1989. Contaminación marina por metales pesados en el litoral de la región del Biobío, Concepción, Chile: el caso del mercurio y el cadmio. *Amb. y Des.*, 1: 137-145.
- 312 Carrera, M., P. Valenta. R. Ahumada & V. Rodríguez. 1993. Determinación voltamétrica de metales traza en la columna de agua y sedimentos en la Bahía de Concepción. *Rev. Biol. Mar.*, 28(1): 151-163.
- 313 Franco, C., A. Rudolph, J. Becerra & A. Barros. 2001. Análisis de Hidrocarburos en Sedimentos de Bahía Concepción por Cromatografía en Capa Fina. Libro Resúmenes XXI Congreso de Ciencias del Mar. Viña del Mar. página 33.

la empresa MARCO, en el sector norte de la Bahía de San Vicente, dentro del puerto del mismo nombre. Esta actividad genera focos de contaminación por el uso de pinturas tóxicas antiincrustantes a base de compuestos químicos como el estaño, por eliminación de restos de pinturas y arena en el proceso de repintado de los cascos y estructuras de las naves, y en general los residuos de diferentes tipos resultantes de la mantención o carena de las embarcaciones (CONAMA, 2013³¹⁴).

En la IX Región de La Araucanía la contaminación de los cursos de agua se debe a la presencia de ciudades ubicadas en las riberas de los ríos, como Temuco, Lautaro, Nueva Imperial y Carahue, entre otros. La mayor parte de ellas vierten sus aguas servidas sin tratamientos y a pesar que actualmente se piensa que los ríos aún son capaces de autodepurar sus aguas, no se ha evaluado científicamente el impacto futuro, al ritmo actual de crecimiento de las ciudades. El litoral marino de la IX Región se extiende por unos 120 km. La costa es en general, rectilínea y por lo mismo abrupta, careciendo de puertos abrigados que permitan una explotación industrial de los recursos marinos, aunque hay un predominio de líneas arenosas y vastos campos de dunas. Los dos ríos más importantes que desembocan en el mar son el Imperial, en Puerto Saavedra, y el río Toltén. El estudio efectuado por CADE-IDEPE (2004)³¹⁵ para la Dirección de Aguas de Chile caracterizó la cuenca del río Imperial detallando el conjunto de ríos que aportan a la cuenca y determinando una serie de fuentes de contaminación del tipo difusa desde centros poblados, por y plaguicidas y fertilizantes, que podrían modificar parámetros como pH, metales traza como el cobre, cromo hierro, manganeso y aluminio, entre otros, que llegarían finalmente al mar.

Otro aspecto significativo de la IX Región es la intensa explotación de los recursos marinos, la cual se ha intentado palear con el establecimiento de AMERBs, localizadas en Queule y la barra del Toltén. Una situación similar se aprecia en la XIV Región de Los Ríos. No obstante en ella, el foco de la contaminación se ha centrado en sus ríos, siendo emblemático el caso del denominado “desastre” del Santuario de la Naturaleza del Río Cruces – un área protegida oficialmente desde 1981 por el Estado de Chile y por la Convención RAMSAR –, que comenzó a dar sus primeras señales en mayo de 2004, a cuatro meses de la entrada en operación de la Planta de Celulosa de CELCO, con cambios de conducta de los cisnes de cuello negro, hasta registrar la muerte de más de mil cisnes. Este río pasa en su trayecto por las localidades de San José de la Mariquina, Punucapa y Valdivia, y se une finalmente al río Valdivia que desemboca en el mar. El río Valdivia, por su parte, nace en la ciudad de Valdivia donde confluyen los ríos Calle-Calle y Cau-Cau, en el sureste de la Isla Teja. Luego fluye al sur de la isla y recibe las aguas del río Cruces para terminar en la Bahía de Corral, donde desemboca. La importancia de la cuenca del río Valdivia y su influencia en el estado ambiental de la costa en donde desembocan queda de manifiesto en que, en enero de 2015, mediante DS. 1/2015 MMA, se “Establece normas secundarias de calidad ambiental para la protección de las aguas continentales superficiales de la cuenca del río Valdivia”, reconociendo la relevancia del estuario del río Valdivia, dada su función biológica irremplazable en la producción y el desarrollo de numerosas especies, a tal punto que son reconocidos como verdaderas “áreas de crianza” y hábitats promotores para el desarrollo de larvas de distintas especies de peces, debido a su alta producción biológica, tanto primaria como secundaria. Asimismo, en la parte terminal del río Cruces se ubica el humedal río Cruces, de tipo costero estuarial, que se formó como consecuencia del hundimiento del terreno por el terremoto de 1960. Éste fue declarado “Santuario de la Naturaleza Río Cruces y Chorocamayo” (Decreto supremo N° 2.734 del 3 de junio de 1981 del Ministerio de Educación). Adicionalmente, por ser un sitio de relevancia para las especies, comunidades, ecosistema en general y en particular para aves acuáticas y peces, el 27 de julio del año 1981 fue declarado Humedal de Importancia Internacional en el marco de la Convención de RAMSAR, denominado “*Santuario de la Naturaleza Carlos Anwandter*” (N° Lista RAMSAR 6CL001). Finalmente, la importancia del río Valdivia y su influencia en el estado del borde costero donde desemboca, se refleja en la alta biodiversidad del mismo, contando con registros de 61 especies de microalgas, 120 especies de plantas acuáticas, 67 especies de invertebrados acuáticos y 20 especies de fauna íctica (70% endémicas y 17 en alguna categoría de conservación).

Cabe mencionar, adicionalmente, que en las riberas de la cuenca del río Valdivia habita una población de aproximadamente 370 mil habitantes (INE, 2017). Asimismo, los usos de suelos colindantes corresponden a bosque nativo (49%), actividad agropecuaria (28%) y plantaciones forestales (15%). Las principales actividades económicas asociadas a la cuenca y al sistema estuarial corresponden a las actividades silvoagropecuarias, agrícolas, ganaderas, industriales, con un gran número de empresas de este rubro (principalmente empresas forestales e industrias de la madera) y, en menor medida, actividades de acuicultura (cultivos de mitílidos y salmónidos). Además, esta cenca es de importancia turística para la región y en ella se realizan actividades de pesca deportiva, destacándose además su uso como fuente de provisión de agua potable. La población urbana de la parte baja de la cuenca se concentra mayoritariamente en la ciudad de Valdivia, la cual en su mayoría posee servicios de alcantarillado y de tratamiento de aguas servidas. No obstante, claramente todas estas actividades ejercen presión sobre la calidad de las aguas de la cuenca del río Valdivia, lo que llevó a la elaboración de la citada norma secundaria de calidad ambiental para la protección de las aguas continentales superficiales de la cuenca del río Valdivia. Esto será de vital importancia, pues en las riberas de la cuenca se hallan 12 caletas pesqueras, mientras que en el borde costero de la desembocadura del río se localizan 45 AMERBs (SUBPESCA, 2016).

314 Comisión Nacional del Medio Ambiente (CONAMA). 2013. De Mar a Cordillera. Octava Región del Biobío. 147 pp.

315 CADE-IDEPE. 2004. Diagnóstico y Clasificación de los Cursos y Cuerpos de Agua Según Objetivos de Calidad. Cuenca del Río Imperial. Technical Report. Ministerio de Obras Públicas, Dirección General de Aguas. Elaborado por: Cade-Idepe Consultores en Ingeniería. Disponible en http://www.sinia.cl/1292/articles-31018_Imperial.pdf.

En tanto, la X Región presenta, como principal fuente contaminante del mar, la fuerte actividad de acuicultura, cuya expansión en cuerpos de agua marinos y lacustres, ha producido beneficios socioeconómicos sustanciales para el país. Sin embargo, en algunos cuerpos de aguas que son utilizados para esta actividad ha acarreado cambios ecológicos indeseables. Los principales impactos asociados a la acuicultura en la X Región se relacionan con el aporte de la actividad de salmonicultura de fecas y restos de alimentos de los peces a los sedimentos, lo que contamina el borde costero y el fondo marino. Además, el cultivo de salmones presenta riesgos para las demás especies de la zona. También los salmones presentan enfermedades cuyo tratamiento involucra antibióticos, con el consecuente daño para el ambiente marino (por contaminación) y riesgo para la salud de las personas. Pese a que esto ha sido controlado en los últimos años, faltan estudios para comprobar la ausencia de estos en aguas y sedimentos. Adicionalmente, la acuicultura aporta con el enriquecimiento de nutrientes inorgánicos solubles en agua (nitrógeno y fósforo), lo que produce, entre otros efectos, consumo de oxígeno disuelto para su degradación. Otros efectos indeseados incluyen: interacción entre las especies cultivadas (escapadas) y las naturales; la introducción y transferencia de especies exóticas, ambos fenómenos que afectan la biodiversidad de especies y en consecuencia la estabilidad del ecosistema, los usos de importantes extensiones de agua y la disminución del valor paisajístico de algunos sectores.

Independiente de lo anterior, las aguas y fondos marinos de la X Región no se hayan exentas de otros contaminantes, como hidrocarburos. Bonert et al. (2010³¹⁶) analizaron la presencia de hidrocarburos en sedimentos superficiales del Seno Reloncaví y el Golfo de Corcovado. Los autores detectaron la presencia de hidrocarburos alifáticos procedentes de plantas terrestres, pero confirmaron en la localidad de Quellón la presencia de muestras asociadas a combustibles derivados del petróleo. Alarcón (2002³¹⁷), por su parte, determinó la presencia de elementos traza (Cd, Cu, Ni, Pb, Hg y As) en agua de mar y sedimentos de la Bahía de Puerto Montt. En agua de mar Alarcón (2002) halló concentraciones promedio de Cu de 1,80 µg/L, Cd 0,03 µg/L, Ni 0,8 µg/L, Pb 0,59 µg/L, As 0,7 µg/L y para Hg de 0,24 µg/L. En las muestras de sedimento el autor determinó concentraciones promedio de Cu de 29,6 mg/kg, Cd 0,06 mg/kg, Ni 13,19 mg/kg, Pb 2,07 mg/kg, As 2,59 mg/kg y Hg de 0,02 mg/kg. El autor concluye que hay un efecto de las actividades producidas por el hombre en las zonas cercanas a la Bahía de Puerto Montt, debido a las descargas de sus desechos directamente al mar, como las empresas salmoneras, astilleros, los emisarios del alcantarillado, etc. Además, habría evidencias de la contaminación antrópica debida a los vehículos motorizados, humo de las chimeneas, etc. dada la elevada concentración de los metales analizados especialmente en el punto de muestreo de Puerto Montt. Estas conclusiones fueron compartidas por el estudio de Peña (2006³¹⁸), quien concluyó que habría localidades como Chiquihue y Puerto Montt que presentan mayores concentraciones de ciertos metales en sedimentos a diferencia de las otras localidades: Cu 38,92 (µg/g) en Chiquihue, Cd 0,148 (µg/g) en Puerto Montt, Pb 12,97 (µg/g) en Puerto Montt, Hg 0,24 (µg/g) en Puerto Montt y As 11,59 µg/g en Chiquihue. Esto evidenciaría impacto de estas localidades por elementos traza.

- Regiones XI a XII

Estas regiones basan su desarrollo económico esencialmente en su amplio potencial silvoagropecuario, pesquero y minero. En este último caso, resulta relevante la explotación de hidrocarburos, la que se lleva a cabo tanto en el continente como en la plataforma continental sobre el Estrecho de Magallanes.

En particular, la XII Región presenta actividades de extracción de petróleo desde plataformas marinas, a lo que se suma el elevado tráfico de barcos que navegan la zona de los canales y que cruzan el Estrecho de Magallanes. Dado que esta es una zona de fiordos, estrechos y canales, la convierte en un área de riesgo y daño ambiental potencial por hidrocarburos debido a las dificultades que presentan a la navegación y la cercanía a la costa. Un hecho histórico que avala este riesgo lo constituye el varamiento del B/T “Metula”, que en agosto de 1974 encalló en el Estrecho de Magallanes, derramando aproximadamente 57 millones de litros de petróleo (Gunnerson & Peter, 1976³¹⁹). Junto a lo anterior, el tráfico marítimo también trae asociado el vertimiento de toda clase de restos de víveres, residuos resultantes de las faenas domésticas y trabajo rutinario desarrollado a bordo de un buque.

Por lo anterior, no es de extrañar que Lecaros et al. (1997³²⁰) hallaron hidrocarburos alifáticos en sedimentos marinos del estrecho de Magallanes y Canal Beagle. El 50% de las estaciones muestreadas por esos autores mostraron características propias de una contaminación reciente y el 30% restante indicios claros de contaminación crónica, estas últimas todas localizadas en el estrecho

316	Bonert, C., L. Pinto & R. Estrada. 2010. Presencia de hidrocarburos en agua y sedimentos entre el Seno Reloncaví y el Golfo Corcovado (X Región) - CIMAR 10 Fiordo. <i>Cienc. Tecnol. Mar</i> , 33 (2): 89-94.
317	Alarcón, S. 2002. Determinación de elementos traza (Cd, Cu, Ni, Pb, Hg y As) en agua de mar y sedimento de la Bahía de Puerto Montt, año 2002. Tesis de Grado presentada como parte de los requisitos para optar al Título de Químico Farmacéutico. 88 pp.
318	Peña, N. 2006. Determinación de elementos traza (Ni, Cu, Pb, Cd, As y Hg) en el Seno de Reloncaví, 2003. Tesis de Grado presentada como parte de los requisitos para optar al Título de Químico Farmacéutico. 91 pp.
319	Gunnerson, Ch. & G. Peter. 1976. El derramamiento petrolífero del METULA. NOAA Special Report. U.S. Government Printing Office, Washington, D.C.
320	Lecaros O, R Juan & M Lorenzo. 1997. Hidrocarburos alifáticos en sedimentos de fondo marino en el Estrecho de Magallanes y canal Beagle, <i>Revista de Biología Marina</i> , 32 (2): 203-213.

de Magallanes. Años antes, Lecaros & Lorenzo (1994³²¹) también informaron de presencia de metales pesados (bario, cobre, cobalto, cromo, manganeso, níquel, vanadio y zinc) en sedimentos del Estrecho de Magallanes y del Canal Beagle.

Otro problema asociado también con la navegación, la cual se hace extensivo tanto a la XI como a la XII Regiones, es el vertimiento de residuos de plásticos al mar. Estos dañan aves, mamíferos y reptiles marinos, que mueren ahogados o ahorcados al enredarse con fibras o restos de plástico, o intoxicados al ingerir partículas de plástico que confunden con alimento. Esto se ha convertido en un problema global para los océanos, como lo ha descrito recientemente Eriksen et al. (2014³²²) y Jambeck et al. (2015³²³). El problema de los desechos plásticos también se ha comenzado a agravar en las regiones más australes dado el auge de la acuicultura, que aporta con restos de redes, boyas, balsas jaulas plásticas y otros desechos, que también derivan hacia la costa y se acumulan en las playas, contaminando y ensuciándolas; como también pueden terminar por depositarse en los fondos marinos, lo que implica muy escasa probabilidad de degradarse. Esto será tratado de manera particular en el apartado 6.1.4.4.

A pesar de lo anterior, una extensa región de esta zona permanece aún casi virgen. Constituye el sector menos alterado y contaminado de nuestro país, aun cuando existen casos puntuales de contaminación. En este contexto, el Programa CIMAR (Cruceros de Investigación Marina del Comité Oceanográfico Nacional – CONA), se tradujo en un importante centro de recopilación de valiosa información del área de los fiordos y canales australes. Entre octubre de 1995 y marzo de 1999 se llevaron a cabo 4 Programas CIMAR-FIORDO, los que prosiguieron con 6 campañas más entre noviembre de 2001 y noviembre de 2006. Fruto de estos cruceros se generaron decenas de publicaciones científicas, cuyo extensión se escapa de esta revisión y que se encuentran recopilados por Silva & Palma (2006³²⁴) en “Avances en el conocimiento oceanográfico de las aguas interiores chilenas, Puerto Montt a cabo de Hornos”. En esta recopilación destaca el trabajo de Ahumada (2006³²⁵) que analizó muestras de sedimentos para el análisis de Ba, Cd, Co, Cr, Cu, Ni, Pb, Sr, V y Zn, en tres zonas en la región de fiordos y canales australes: Puerto Montt a laguna

San Rafael, golfo Penas a estrecho Magallanes y estrecho Magallanes a cabo Hornos. En este estudio se confirmó que los fiordos australes se han mantenido en condiciones prístinas y que es preciso cautelar esta condición. El único sector que registró un enriquecimiento de los metales Zn y Pb correspondió al área de Puerto Chacabuco en Aysén. Silva (2006) caracterizó físico-químicamente los sedimentos superficiales de canales y fiordos australes, entre Puerto Montt y el estrecho de Magallanes, en cuanto a contenidos de materia orgánica total (MOT), carbono orgánico (C-org) y nitrógeno orgánico (N-org). Este y los estudios de Silva et al., (1998³²⁶, 2001³²⁷) determinaron que la región de canales y fiordos australes puede ser segregada en áreas con concentraciones mayoritariamente altas de MOT (> 5%), C-org (> 1,6%) y N-org (> 0,2%) y en áreas con concentraciones mayoritariamente bajas de MOT (< 2%), C-org (< 0,8%) y N-org (< 0,2%). No obstante, el origen de estos compuestos sería más bien natural y no antropogénico. Ahumada et al. (2006) también analizaron el contenido de algunos metales pesados (Cd, Cu, Pb, Zn) en muestras de agua entre Puerto Montt y el estrecho de Magallanes, concluyendo que, en general, los valores de concentración de metales en el agua son bajos y se encuentran en el límite de detección del método utilizado.

Interesante resulta ser también el estudio efectuado por Ahumada et al. (2015³²⁸), quienes analizaron el efecto sobre el contenido de zinc en los sedimentos marino del fiordo Aysén luego del terremoto y tsunami del año 2007. Los autores pudieron determinar que los contenidos de Zn no presentaron diferencia respecto a estudios anteriores, detectándose resuspensión y redistribución de los contenidos de Zn total en los sedimentos como un proceso local leve.

Finalmente, respecto al Territorio Chileno Antártico hasta hace algunos años, esta zona se encontraba virtualmente sin intervención; no obstante, en la actualidad, las mismas bases científicas se han constituido en verdaderos depósitos de basura, lo que se ha agravado con la explosiva masificación de cruceros hacia aguas antárticas. Dentro de los escasos estudios publicados sobre contenidos de

- 321 Lecaros O & M Lorenzo. 1994. Presencia de metales pesados en sedimentos del Estrecho de Magallanes y del Canal Beagle. *Revista de Biología Marina*, 29 (1): 127-136.
- 322 Eriksen, M., Lebreton LCM, Carson HS, Thiel M, Moore CJ, et al. 2014. Plastic Pollution in the World's Oceans: More than 5 Trillion Plastic Pieces Weighing over 250,000 Tons Afloat at Sea. *PLoS ONE* 9(12): e111913.
- 323 Jambeck, J., R. Geyer, C. Wilcox, T. Siegler, M. Perryman, A. Andrady, R. Narayan & K. Law. 2015. Plastic waste inputs from land into the ocean, *Science* 13 (347): 768-771.
- 324 Silva, N. 2006. Características físicas y químicas de los sedimentos superficiales de canales y fiordos australes. En: *Avances en el conocimiento oceanográfico de las aguas interiores chilenas, Puerto Montt a cabo de Hornos*. N. Silva & S. Palma (eds.). Comité Oceanográfico Nacional - Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, Valparaíso, pp. 69-75
- 325 Ahumada, R. 2006. Metales menores y trazas de los sedimentos superficiales de canales y fiordos australes. En: *Avances en el conocimiento oceanográfico de las aguas interiores chilenas, Puerto Montt a cabo de Hornos*. N. Silva & S. Palma (eds.). Comité Oceanográfico Nacional - Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, Valparaíso, pp. 77-81.
- 326 Silva N., J. Maturana, J. I. Sepúlveda & R. Ahumada. 1998. Materia orgánica, C y N, su distribución y estequiometría, en sedimentos superficiales de la región norte de los fiordos y canales australes de Chile (Crucero CIMAR-Fiordo 1). *Cienc. Tecnol. Mar*, 21: 49-74.
- 327 Silva, N., V. De Vidts & J. Sepúlveda. 2001. Materia orgánica, C y N, su distribución y estequiometría, en sedimentos superficiales de la región central de los fiordos y canales australes de Chile (Crucero CIMAR Fiordo 2). *Cienc. Tecnol. Mar*, 24: 23-40.
- 328 Ahumada, R., M. Garrido, E. Gonzalez & A. Rudolph. 2015. Distribución y concentración de Zn total en sedimentos del fiordo Aysén, sur de Chile, posterior al terremoto y tsunami de 2007. *Revista de Biología Marina y Oceanografía*, 50(1): 53-60.

elementos químicos en los sedimentos marinos, destaca el de Alam & Sadiq (1993³²⁹), quienes determinaron, entre otros elementos, que los contenidos de cadmio oscilarían entre 4,0 – 22,0 mg/kg, el cromo fluctuaría entre 0,0 – 65,9 mg/kg, el cobre entre 3,9 – 105,6 mg/kg, plomo entre 22,5 – 128,0 mg/kg, el níquel entre 5,5 – 92,2 mg/kg y el zinc entre 28,6 – 271,2 mg/kg. Dado el origen de los sedimentos de la región Antártica derivado de la intemperización de rocas locales, la composición de los sedimentos estudiados reflejaría más bien la composición de las mismas rocas. No obstante, los comparativamente altos niveles de Cd, Cr y V hallados en los sedimentos de Isla Horse Shoe y de Cd, Co, Cu, Mo, Ni, Pb, V y Zn desde Marsh Martin, sugerirían que la temprana acción antropogénica habría comenzado a impactar la calidad de los sedimentos. También posibles derrames de hidrocarburos se reflejarían en los niveles de Ni y V en los sedimentos.

Aparentemente, los eventos de contaminación marina que afectan a otras localidades nacionales también podrían afectar a las especies antárticas. Un reciente estudio de Álvarez-Varas et al. (2018³³⁰) analizaron las concentraciones de mercurio de plumas de pingüinos de barbijo (*Pygoscelis antarcticus*), habitantes del Cabo Shirref, Islas Livingston Island, en las Islas Shetland del Sur en Antártica (62°28'S; 60°74'W). Los autores concluyeron que los ejemplares analizados mostraron concentraciones elevadas de Hg en comparación con sus congéneres, destacando la necesidad de investigar posibles efectos negativos en sus poblaciones.

Nuevos estudios dan cuenta también del impacto de macro y microplásticos en las aguas y sedimentos antárticos (24,28,29). Todos los estudios sobre los desechos marinos en las aguas superficiales, las playas y el fondo marino en la Antártida destacan que este problema aún no se conoce bien y requiere una evaluación adicional para desarrollar estrategias tangibles y eficientes para prevenir y mitigar la contaminación plástica marina en este entorno remoto y sensible (23,24 28,29). Las fuentes de plásticos en la Antártida pueden ser diversas, incluidas las fuentes directas a través de la eliminación o la gestión inadecuada de los desechos producidos por barcos y estaciones de investigación (29), y las fuentes indirectas, como el transporte por corrientes marinas, que pueden transportar plásticos desde áreas distantes ubicadas en latitudes más bajas (24,29, 30). Tales fuentes variadas pueden conducir a una diversidad en los tipos de plásticos encontrados en la Antártida; por ejemplo, fragmentos de plástico, sedal y diferentes paquetes de plástico han sido reportados en esta región (249). Un ejemplo del impacto de los desechos plásticos en los animales marinos en la Antártida es el enredo, reportado principalmente para mamíferos y aves y que ha afectado a más de mil lobos marinos de 1989 a 2008 (24). La ingestión de plásticos, así como la presencia de este material en áreas de anidación, también es un problema común (24). Lacerda et al. (2019³³¹) recientemente determinaron las concentraciones, características y orígenes de los desechos plásticos en las aguas oceánicas superficiales alrededor de la Península Antártica. Estos autores determinaron una concentración media de desechos de 1.794 unidades por km² con un peso promedio de 27,8 g km⁻². Entre los artículos encontrados se hallaron fragmentos duros y flexibles, esferas y líneas, en nueve colores, compuestos principalmente de poliuretano, poliamida y polietileno. También registraron fragmentos de pintura presentes en todas las estaciones de muestreo, siendo estos aproximadamente 30 veces más abundantes que los plásticos.

Cabe hacer notar que el área del Tratado Antártico (área al sur de los 60° de latitud sur) incluye la mayor parte del Océano Austral. Tras una iniciativa de la Reunión Consultiva del Tratado Antártico (RCTA), la Organización Marítima Internacional (OMI) designó esta zona como “Área Especial” (en la que se requiere la adopción de métodos especiales de prevención de la contaminación marina) bajo el Convenio Internacional para Prevenir la Contaminación por los Buques (MARPOL 73/78). El Anexo IV del Protocolo sobre Protección del Medio Ambiente, que complementa la convención MARPOL, prohíbe la descarga de hidrocarburos o mezclas petrolíferas, sustancias nocivas líquidas, sustancias químicas en cantidades o concentraciones perjudiciales y residuos dentro del área del Tratado Antártico. También contiene reglas para la descarga de aguas residuales, instalaciones de recepción, inmunidad soberana y medidas preventivas de preparación y respuesta ante emergencias. En 2005 la RCTA decidió requerirle a la OMI que examinara los mecanismos para el uso de aceite combustible pesado en aguas antárticas, teniendo en cuenta el riesgo relativamente alto de un derrame de combustible en el área del Tratado Antártico, dadas las características especiales tales como la presencia de témpanos, hielo marino y zonas sin cartografía. La 29ª RCTA (Edimburgo, 2006) adoptó las “Directrices prácticas para el cambio de aguas de lastre”, que también fueron enviadas a la OMI para su análisis. Todo ello para evitar la contaminación de las aguas marinas de la Antártica.

-
- 329 Alam I. A. & M. Sadiq. 1993, Metal concentrations in antarctic sediment samples collected during the Trans-Antarctica 1990 Expedition, *Mar. Pollut. Bull.* 26 (9): 523-527.
- 330 Álvarez-Varas, R., D. Morales-Moraga, D. González-Acuña, S. Klarian & J.A. Vianna. 2018. Mercury Exposure in Humboldt (*Spheniscus humboldti*) and Chinstrap (*Pygoscelis antarcticus*) Penguins Throughout the Chilean Coast and Antarctica. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, 75(1): 75–86.
- 331 Lacerda, L., LdS. Rodrigues, E. van Seville, F. Rodrigues, L. Ribeiro, E. Secchi, F. Kessler & M. Proietti. 2019. Plastics in sea surface waters around the Antarctic Peninsula. *Scientific Reports*, 9(3977): 1-21.
-

6.3 INICIATIVAS LEGALES PARA LA GESTIÓN AMBIENTAL DEL BORDE COSTERO

6.3.1 Introducción

A lo largo de nuestra existencia como Nación, distintos han sido las iniciativas que se han implementado en favor de la protección del medio marino y de su borde costero, incluyendo en ello, su ecosistema, el cual es comprendido como el “*complejo dinámico de comunidades vegetales, animales y de microorganismos y su medio no viviente que interactúan como una unidad funcional*”, de acuerdo a su definición establecida en el artículo 2° del Convenio sobre la Diversidad Biológica, del cual Chile es Estado parte, conforme al Decreto Supremo N°1.963 del Ministerio de Relaciones Públicas de Chile, publicado en el Diario Oficial de fecha 6 de mayo de 1995.

De esta forma, las primeras iniciativas normativas que fueron impuestas para el referido objetivo, estaban destinadas a resguardar la seguridad y la limpieza en los puertos nacionales, tal como fue consignado en un comienzo, mediante las disposiciones de las Ordenanzas Generales de la Armada de 1793, las cuales en su artículo 137 disponían que “*Nadie podrá arrojar en el puerto basuras ni escombros, que deberán recogerse en tinas y, si fuere necesario, para estos depósitos abrir fosos o hacer estacadas o paredones*”³³².

Este mismo objetivo, fue utilizada posteriormente, constituyó en el principio jurídico que motivó la redacción del art. 185 del Reglamento de Orden, Seguridad y Disciplina en las Naves³³³, el cual amplió la señalada restricción, de manera que “*se prohíbe arrojar lastre, escombros, basuras, derramar petróleo y sus derivados o residuos de los mismos, aguas de relave de minerales u otras materias orgánicas nocivas o peligrosas de cualquier especie, en los puertos o en las aguas jurisdiccionales de la República, sin el consentimiento previo de la autoridad marítima respectiva, quien designará, en todo caso, el lugar o forma como se procederá a efectuar algunas de dichas operaciones...*” y Litoral de la República y, luego, en el año 1978, en la disposición del art. 142 de la Ley de Navegación³³⁴, la cual se rige hasta nuestros días³³⁵.

Sin perjuicio de las ya indicadas normas sobre protección y limpieza de las aguas del puerto, no fue hasta el año 1916 cuando se dictó la primera norma legal, establecida para evitar la descarga deliberada o fortuita de agentes contaminantes a los cuerpos los cuerpos de agua. Esta innovativa regulación correspondió a la Ley N° 1.333, sobre Neutralización de Residuos Provenientes de Establecimientos Industriales³³⁶, en cuyo Art. 1° se disponía que “*los establecimientos industriales, sean mineros, metalúrgicos, fabriles o de cualquier otra especie, no podrán vaciar en los acueductos, cauces artificiales o naturales, que conduzcan agua o en vertientes, lagos, lagunas o depósitos de agua, los residuos líquidos de su funcionamiento, que contengan sustancias nocivas a la bebida o al riego, sin previa neutralización o depuración de tales residuos por medio de un sistema adecuado y permanente*”. Además, en materia de residuos sólidos, dicha disposición agregaba que “*en ningún caso se podrá arrojar a dichos cauces o depósitos de agua las materias sólidas que puedan provenir de esos establecimientos ni las semillas perjudiciales a la agricultura*”.

Estas disposiciones fueron literalmente reproducidas en el Reglamento para la Aplicación de la Ley N° 3.133, mediante las siguientes normas:

“Art. 4: De acuerdo con lo establecido en los Arts. 1 y 2 de la Ley N° 3.133, los establecimientos industriales, sean mineros, metalúrgicos, fabriles o de cualquier otra especie, no podrán vaciar los residuos provenientes de la explotación que contengan sustancias nocivas al riego o al bebida, en ningún acueducto, cauce natural o artificial que conduzca aguas, sin la autorización del Presidente de la República (...)”

“Art. 24: Los residuos sólidos provenientes de los establecimientos industriales, no podrán ser vaciados a los cauces naturales o artificiales o a depósitos de agua, según lo establece el Art. 1 de la Ley, y sólo se permitirá almacenarlos en sitios convenientes en que no haya peligro de arrastre hacia las quebradas vecinas que conduzcan agua para la bebida o para el riego, o en quebradas que sólo accidentalmente puedan conducir aguas, siempre que asegure su desviación total por una obra de carácter definitivo”.

Para el año 1948, la Ley N° 9.006³³⁷ facultaba al Presidente de la República a paralizar total o parcialmente actividades artesanales e industriales, en el supuesto que éstas hayan producido el daño al ambiente marino, a decir:

332 Véase, Rivera Marfán, Jaime. 1998. “Historia de la Autoridad Marítima”, 1era Edición, Armada de Chile, Dirección General del Territorio Marítimo y de Marina Mercante
333 Véase, D.S. (M) N° 1.340 bis, del 14 de junio de 1941, publicado en el D.O. del día 27 de Agosto de 1941.
334 Véase, D.L. N° 2.222, del 21 de Mayo de 1978, publicado en el D.O. del 31 de Mayo del mismo año.
335 Véase, Herrera M. 2009. Evolución del Derecho Ambiental Marítimo en Chile y Proposición de una actualización del Reglamento para el Control de la Contaminación Acuática. Tesis de Grado para optar al grado de Licenciado en Ciencias Jurídicas y Sociales. Escuela de Derecho, Universidad de Aconcagua. 84 págs.
336 Véase, Ley N° 1.333, sobre Neutralización de los Residuos Líquidos, publicada en el D.O. del 7 de septiembre de 1916.
337 Véase, Ley N° 9.006, publicada en el D.O. del 9 de Octubre de 1948, modificada por el D.F.L. N° 15, del 22 de Enero de 1968, publicada en el D.O. del 29 de Enero del mismo año.

“Art. 11. El Presidente de la República podrá ordenar la paralización total o parcial de las actividades y empresas artesanales, industriales, fabriles y mineras...que vacíen productos o residuos en las aguas, cuando se comprobare que con ello se perjudica la salud de los habitantes, se alteran las condiciones agrícolas de los suelos o se causa daño a la salud, integridad o desarrollo de los vegetales o animales. Dichas empresas estarán obligadas a tomar medidas necesarias para evitar aquellos males en conformidad a los procedimientos técnicos que señale el Presidente de la República por intermedio del Ministerio de Agricultura o del Ministerio de Salud Pública, según sea el caso...”

Sin embargo, no son menos los investigadores que piensan que el pilar fundamental del derecho ambiental marítimo chileno lo constituye el Reglamento de Orden, Seguridad y Disciplina en las Naves y Litoral de la República³³⁸, en cuyo art. 185 estableció la prohibición de arrojar al mar aquellas sustancias, materias o energía que constituyan contaminación de las aguas, la cual se mantiene hasta el presente:

“Artículo 185.- Se prohíbe arrojar lastre, escombros, basuras, derramar petróleo y sus derivados o residuos de los mismos, aguas de relaves de minerales u otras materias orgánicas nocivas o peligrosas de cualquier especie, en los puertos o en las aguas jurisdiccionales de la República, sin el consentimiento previo de la Autoridad Marítima respectiva, quien designará e todo caso, el lugar o forma como se procederá a efectuar alguna de dichas operaciones (...).”

Más aún, para el destacado Profesor Rafael Valenzuela³³⁹, el referido art. 185 vino a precisar y a reafirmar el contenido del Art. 8 del Decreto Orgánico del Consejo Consultivo de Pesca y Caza³⁴⁰, que disponía que *“Queda prohibido arrojar al mar..., los residuos o lavados de las industrias agrícolas, fabriles o mineras que puedan ser nocivos a la vida de los peces o mariscos, sin que previamente hayan sido purificados o diluidos. En tal prohibición quedan comprendidos entre otros, el aserrín de la explotación maderera, los residuos fabriles y los relaves de los establecimientos mineros, los que tampoco podrán depositarse en lugares en que puedan ser arrastrados por el mar, ríos o lagos, por el escurrimiento de las aguas”*.

En el año 1978, se aprobó la Ley de Navegación, mediante D.L. N°2.222³⁴¹, en cuyo artículo 5° consagró las facultades ambientales y de protección de la ecología del mar de la Dirección General del Territorio Marítimo y de Marina Mercante, al expresa que *“Art. 5° La autoridad marítima corresponderá a la Dirección y, como tal, aplicará y fiscalizará el cumplimiento de esta ley, de los convenios internacionales y de las normas legales o reglamentarias relacionadas con sus funciones, con las preservación de la ecología en el mar y con la navegación en las aguas sometidas a la jurisdicción nacional. La Dirección tendrá la representación oficial del Estado en asuntos o reuniones internacionales relativos a las materias profesionales y técnicas de que trata esta ley”*.

Sin perjuicio de lo anterior, los primeros cuerpos legales que estuvieron dirigidos, estrictamente, a proteger los ecosistemas marinos y el borde costero, se originaron a fines de la década de los ochenta e inicio de los noventas, tales como la Ley de Navegación y su Reglamento para el Control de la Contaminación Acuática, la Ley General de Pesca y Acuicultura, Política Nacional de Uso del Bordo Costero del Litoral de la República (PNUBC), entre otros.

Sin embargo, con la promulgación de la Ley N° 19.300, sobre Bases Generales del Medio Ambiente en el año 1994, se crea un marco institucional que sienta las bases de los principales elementos de la Gestión Ambiental que se encargarían en direccionar las distintas normas jurídicas sectoriales que, hasta ese momento se aplicaban en forma indistinta y sectorial.

6.3.2 Medidas de gestión del espacio marítimo del borde costero y de sus recursos

La protección de nuestro medio ambiente marino y costero, ha conllevado a que se puedan desarrollar actividades, en una forma que sea compatible con las reales capacidades que posee éste ambiente y de conformidad a un marco regulatorio debido. Lo anterior, puesto que la cuestión ambiental y los problemas que se plantean en relación con la calidad de vida de las personas y el uso de los recursos naturales, ha llegado a una cota que nos exige reflexionar sobre la eficacia de los marcos normativos vigentes y las medidas que adoptan los Estados para prevenir y enfrentar oportunamente una serie de problemas, que lentamente se van tornando irreversibles.

En dicho contexto, para el Profesor Eduardo Cordero (2011)³⁴² una zona o área costera corresponde a *“(sic) una entidad espacial con características propias, vinculadas a la interacción de procesos situados en la interface entre la geósfera, atmósfera e hidrosfera, condición que le otorga características ambientales de fragilidad y vulnerabilidad, y por otra parte, porque por naturaleza esta zona*

338 Véase, Op. Cit. N° 2.

339 Véase, Valenzuela Fuenzalida, Rafael. 1976. “Contaminación Marina y Derecho Nacional, el ordenamiento jurídico como expresión de una política nacional para evitar la contaminación del medio marino”, Ediciones Universitarias de Valparaíso. Universidad Católica de Valparaíso. 71 pp.

340 D.F.L. N° 208, del 21 de julio de 1953, publicado en el D.O. del 3 de agosto del mismo año.

341 Véase, Op Cit. N° 3

342 E. Cordero. 2011. Ordenamiento territorial, justicia ambiental y zonas costeras. Revista de Derecho de la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso XXXVI (Valparaíso, Chile, 2011, 1er Semestre). pp. 209 - 249

constituye un espacio muy atractivo para diversas actividades humanas (urbanas, industriales, turísticas, de transporte, agrícolas, acuícolas, pesqueras y otras actividades extractivas), lo que produce la concurrencia de múltiples usos y con frecuencia la generación de conflictos territoriales. Así, la presión que existe respecto de los usos de estos espacios trae necesariamente aparejada un conjunto de conflictos e intereses contrapuestos que debe ser necesariamente enfrentado a partir de una planificación y regulación que permita un uso racional del mismo”.

En un sentido más amplio, Sorensen et.al (1992)³⁴³ considera que una zona costera es aquella *“interfase o espacio de transición entre dos dominios ambientales, la tierra y el mar, y ha sido definida como aquella parte de la tierra afectada por su proximidad al mar y aquella parte del océano afectado por su proximidad a la tierra”*³⁴⁴. En consecuencia, para estos mismos autores la zona costera corresponde a una porción de tierra firme y de un espacio oceánico adyacente en donde *“la ecología terrestre y el uso del suelo afectan directamente la ecología del espacio oceánico, y viceversa”*.

Este concepto de zona costera, el cual relaciona a la tierra con el mar, el cual es entregado por los antes indicados investigadores, se amplía a otros cuerpos de agua, al considerar la definición jurídica que la actual normativa le otorga al borde costero, al establecer que corresponde a la “franja del territorio que comprende la costa marina, fluvial y lacustre y el mar territorial de la República, se encuentran sujetos al control, fiscalización y supervigilancia del Ministerio de Defensa Nacional, Subsecretaría para las Fuerzas Armadas³⁴⁵”.

Según Andrade et.al. (2008)³⁴⁶, en nuestro país se manejan dos conceptos similares, pero con significados muy diferentes: el de borde costero y el de zona costera. Para estos autores, el borde costero corresponde, como ya fue enunciado anteriormente, a un concepto jurídicamente determinado o legal, utilizado principalmente en la Política Nacional de Uso del Borde Costero del Litoral de la República (D.S. 475, de 1994, del Ministerio de Defensa Nacional), que es el que se utiliza actualmente para efectos de la gestión del territorio costero, entendiéndose por borde costero, de acuerdo con dicha política, a *“aquella franja del territorio que comprende los terrenos de playa fiscales, la playa, las bahías, golfos, estrechos y canales interiores, y el mar territorial de la República” – todos estos términos se encuentran también definidos por ley–, y que “conforma una unidad geográfica y física de especial importancia para el desarrollo integral y armónico del país”*.

Sin perjuicio de lo ya comentado, Sorensen et.al (1992)³⁴⁷ establece que un recurso costero se define como *“un producto natural, a menudo renovable, cuya existencia depende de la costa, o el valor del cual es apreciablemente aumentado por su localización dentro de la zona costera”*.

Por su parte Andrade et.al. (2008)³⁴⁸ agrega, que el ordenamiento territorial de una zona costera *“plantea dificultades particulares, ya que ella corresponde a una entidad espacial con características propias, vinculadas a la interacción de procesos situados en la interface entre la geósfera, atmósfera e hidrósfera, condición que le otorga características ambientales de fragilidad y vulnerabilidad, y por otra parte, porque por naturaleza esta zona constituye un espacio muy atractivo para diversas actividades humanas (urbanas, industriales, turísticas, de transporte, agrícolas, acuícolas, pesqueras y otras actividades extractivas), lo que produce la concurrencia de múltiples usos y con frecuencia la generación de conflictos territoriales”*.

En este sentido, Sorensen et.al (1992)³⁴⁹ afirma que las características distintivas que posee una zona costera, es la agregación de sistemas ambientales y físicos en un área compacta, la cual reconoce al menos nueve sistemas principales que podrían afectarle: 1) Unidades geomórficas u oceanográficas de gran escala, 2) Cuencas estuáricas, 3) Sistemas de circulación estuárica, 4) Cuencas oceánicas, 5) Sistemas de circulación a lo largo de riberas, 6) Cuencas atmosféricas, 7) Poblaciones de especies de importancia deportiva y comercial, 8) Paisajes, y 9) Servicios públicos. A partir de éstos, los primeros cuatro sistemas son específicos de la zona costera.

Del mismo modo, estos mismos autores han expresado que los términos recursos costeros y ambientes costeros se encuentran interconectados, porque la capacidad de los recursos costeros para proveer una utilidad social, depende directamente de las condiciones que otorga el ambiente costero.

343 J.C. Sorensen, S.T. McCreary & A. Brandani. 1992. Arreglos Institucionales para Manejar Ambientes Costeros y Recursos Costeros. Centro de Recursos Costeros, Universidad de Rhode Island. 185 pp

344 Definición que surge a partir de lo señalado por la U.S. Commission on Marine Science, Engineering and Resource, 1969

345 Véase la definición de Borde Costero establecida en el Art.1°, número 5), del D.S. N°9, del Ministerio de Defensa Nacional, que sustituye el Reglamento sobre Concesiones Marítimas fijado por Decreto Supremo (M) N°2 de 2005, publicado en el Diario Oficial de fecha 17 de marzo de 2018.

346 Véase B. Andrade, F. Arenas & R. Guijón. 2008. Revisión crítica del marco institucional y legal chileno de ordenamiento territorial: el caso de la zona costera. Revista de Geografía Norte Grande, 41: 23-48 (2008).

347 Véase Op. Cit. N° 12.

348 Véase Op. Cit. N°15.

349 Véase Op. Cit. N° 12.

En este sentido, desde un punto de vista físico-natural, la zona costera es un área que alberga medios de distinta naturaleza (litosfera, hidrosfera salada y atmósfera) que interactúan en forma muy dinámica y compleja generando cambios biológicos, geomorfológicos y químicos en diferentes escalas temporales y espaciales. Ello es particularmente cierto en áreas marinas de alta productividad y gran diversidad biológica, las cuales son muy vulnerables; pero, también, desde el punto de vista de su gestión y ordenamiento, la zona costera es un espacio escaso y por lo mismo muy deseado debido, entre otros, a la existencia de recursos naturales, clima benigno, fertilidad en los suelos, convergencia de usos y actividades, concentración de los asentamientos humanos e infraestructuras y valor paisajístico. Finalmente, desde el punto de vista de los aspectos jurídicos y administrativos, el carácter público de la mayoría de las zonas costeras del mundo, como así mismo la convergencia de numerosos organismos públicos que actúan en ella, tanto en lo referido a las escalas nacionales, regionales como sectoriales. De allí, la diversidad en las fórmulas para su administración y gestión.

Así, el ordenamiento de la zona costera debiera considerar criterios coincidentes con las necesidades y objetivos de cualquier espacio, como por ejemplo el hacer compatibles los distintos intereses sociales y económicos de la población costera en relación con disponibilidades de sus recursos y la conservación del espacio natural. Los criterios a tener en cuenta, en todo proceso de planificación, se centran fundamentalmente en el concepto de compatibilidad. En efecto, los conflictos surgidos nacen de la falta de espacio terrestre y marítimo para determinar dos o más usos o actividades, de los intereses entre los propios habitantes del litoral o entre los de estos y los de otras regiones, a partir de los intereses de pocos individuos y de un colectivo mayor y la atención puesta para hacer compatible naturaleza y posibilidades de desarrollo económico.

Estos criterios constituyen los puntos de partida de una batería de objetivos entre los que se consideran como fundamentales, la conservación de ciertos espacios naturales, el fomento del desarrollo económico sostenido de la población, la localización adecuada de los distintos usos y actividades, la delimitación y protección del espacio público litoral y la coordinación funcional y de administración de los diferentes usos y actividades.

Los referidos objetivos, no tienen por qué producirse de forma aislada, lo cual aparece recogido por diversos autores que tratan sobre los objetivos que deben primar en la ordenación de la zona costera o en el diseño del aparato normativo correspondiente. Es más, la Carta Europea del Litoral del año 1981, establece una serie de objetivos en función de una estrategia global que pretende armonizar las exigencias del desarrollo y los imperativos de la protección a través de la ordenación. Sus recomendaciones plantean entre otros aspectos: desarrollar una economía litoral competitiva y selectiva, proteger y desarrollar las peculiaridades de cada zona litoral, organizar el espacio litoral, administrar el espacio litoral, prevenir riesgos naturales, controlar el turismo, informar ampliamente a los usuarios, desarrollar la investigación científica, armonizar el derecho y desarrollar la cooperación internacional.

Durante la III Reunión Intergubernamental de los Gobiernos participantes en el Plan de Acción para la Protección del Medio Marina y Áreas Costeras del Pacífico Sudeste (efectuado en 1987, en Bogotá, Colombia), al examinar el desarrollo del Plan de Acción Regional y de los resultados obtenidos en el Programa Coordinado de Investigación y Vigilancia de la Contaminación Marina Regional (CONPACSE), consideró que muchos de los problemas de contaminación marina y deterioro de las zonas costeras obedecían a los múltiples usos dados a las áreas costeras, cuyos residuos y efluentes contaminantes eran descargados sin un tratamiento o con un tratamiento deficiente a las áreas marinas regionales, por lo que se consideró que para una adecuada gestión ambiental era necesario la realización de un Ordenamiento Ambiental de dichas áreas y, en tal, sentido se adoptó las Resoluciones N°9 y N°10³⁵⁰ para la preparación de un Plan de Ordenamiento Ambiental, el cual se basó en el estudio de los usos diversos de las áreas costeras y marinas regionales y de sus tendencias, con el objeto de fundamentar políticas y gestión adecuadas de tales áreas³⁵¹.

Este Plan de Ordenamiento Ambiental de las Zonas Marinas y Costeras para el Pacífico Sudeste, el cual fue aprobado en 1989 por los Gobiernos de Chile, Colombia, Ecuador, Panamá y Perú, tuvo como objetivo determinar los lineamientos generales, políticas, acciones de ordenamiento ambiental y el desarrollo del conocimiento de los aspectos relativos a las zonas costeras y marinas del Pacífico Sudeste, con el propósito de que los países de la región logren una administración adecuada y armónica de dichas zonas. Una de las primeras tareas para ello, fue el escoger áreas piloto para la ejecución de estudios de ordenamiento ambiental sobre la base de propuestas nacionales, en la que Chile propuso a la bahía de Valparaíso. De esta forma y con el apoyo técnico y financiero del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), en el año 1992 se inició la ejecución de los estudios piloto sobre ordenamiento ambiental en las áreas mencionadas sobre la base de las orientaciones, procedimientos y metodologías contenidas en el Plan de Ordenamiento acordadas en la reunión de los coordinadores de los cinco Grupos Nacionales, convocados por la Unidad de Coordinación Regional (UCR) del Plan de Acción del Pacífico Sudeste, Guayaquil, Ecuador, en octubre de 1992.

350 PNUMA (OCA) - CPPS/IG. 71/8

351 PNUMA-CPPS IG.32/4. Add. 1. Pág. 6 y 7 y Anexo III p. 12

En nuestro país, la gestión de los bienes que están contenidos en los espacios marítimos y costeros se encuentra administrada por una institucionalidad, liderada desde el año 1960 por el Ministerio de Defensa Nacional³⁵², y secundada por la Subsecretaría para las Fuerzas Armadas³⁵³ y a la Dirección General del Territorio Marítimo y de Marina Mercante, quienes ejercen el control, fiscalización y supervigilancia de toda la costa y del mar territorial de la República. Lo anterior, se materializa en la facultad privativa que tiene el antes indicado Ministerio, a través de la Subsecretaría para las Fuerzas Armadas para conceder el uso particular de las playas de mar, de ríos y de lagos (ambos, que sean navegables por embarcaciones con sobre 100 TRG), terrenos de playa fiscales, de las rocas, fondos de mar, ríos y lagos (ambos, que sean navegables por embarcaciones con sobre 100 TRG), porciones de agua dentro y fuera de las bahías, mediante actos administrativos de concesión marítima o permisos y autorizaciones³⁵⁴, en el caso de que el solicitante sea una persona natural o jurídica de índole privado, o a través de la destinación marítima, en el caso que el requirente sea una institución o repartición de índole público.

Sin perjuicio de lo anterior, también es menester considerar que en estos espacios marítimos y costeros se encuentran aquellos bienes fiscales o patrimoniales del Estado, es decir, aquellos que tienen la naturaleza jurídica de bienes privados, pero que pertenecen al Estado, de conformidad lo previene el artículo 590 del Código Civil³⁵⁵, o que haya sido adquirido a cualquier título y que por expresa disposición de la Ley³⁵⁶ se rigen por el derecho común, al igual que todo bien privado de un particular³⁵⁷. Según Riestra (2013)³⁵⁸, la administración de estos últimos bienes, le corresponde a la Subsecretaría para las Fuerzas Armadas, de acuerdo a las disposiciones citadas con anterioridad y disposiciones de bienes del Estado³⁵⁹; por lo que los elementos del borde costero son administrados por órganos distintos de aquellos entes que planifican el territorio. Lo anterior, puesto que según Riestra (2013)³⁶⁰, al igual que para el resto del territorio nacional, “el borde costero se encuentra sometido a la clasificación del suelo, correspondiente a las categorías de urbano y rural, delimitación obtenida producto de la implementación del instrumento de planificación denominado “*límite urbano*”, de conformidad lo establece el Art.52 de la Ley General de Urbanismo y Construcción³⁶¹.

Para Andrade et.al. (2008)³⁶², la institución básica que está encargada de la planificación y gestión del borde costero es la Comisión Nacional de Uso del Borde Costero (CNUBC), la que fue creada a partir de la Política Nacional de Uso del Borde Costero del Litoral de la República³⁶³, compuesta a su vez por representantes de diferentes organismos públicos relevantes, entre los cuales se consideran no solamente aquellos relativos al ámbito marítimo, como fue expuesto precedentemente, sino que también ciertas autoridades sectoriales, como los representantes de los Ministerios de Planificación, de Obras Públicas, de Vivienda y Urbanismo, el Servicio Nacional de Turismo o del Ministerio de Medio Ambiente³⁶⁴.

6.3.2.1 Ley de Concesiones Marítimas y su Reglamento

Previo a comentar lo referente a nuestra regulación sobre concesiones marítimas, es señalar que, según lo explica Sayagués (2005)³⁶⁵ es el “*acto de derecho público que confiere a una persona un derecho o un poder que antes no tenía, mediante la transmisión de un derecho o del ejercicio de un poder propio de la Administración, o bien, son actos de concesión los que otorgan a una persona natural o jurídica el derecho de usar y gozar de algo que pertenece a la Administración, o a prestar en nombre de ella un servicio específico*”.

En este sentido, una concesión marítima es un acto administrativo, mediante el cual el Ministerio de Defensa Nacional o el Director General del Territorio Marítimo, según corresponda, otorga a una persona derechos de uso y goce sobre determinados bienes nacionales de uso público o bienes fiscales cuyo control, fiscalización y supervigilancia corresponde al Ministerio de Defensa Nacional, para el desarrollo de un determinado proyecto o actividad³⁶⁶.

-
- 352 Conforme a lo dispuesto en la Ley sobre Concesiones Marítimas, promulgado por el D.F.L. N°340, publicado en el D.O. de fecha 5 de abril de 1960.
- 353 Anteriormente denominada “Subsecretaría de Marina”, de acuerdo a lo dispuesto en la Ley N°20.424, publicada en el D.O. de fecha 2 de febrero de 2010.
- 354 Facultad concedida al Director General del Territorio Marítimo y de Marina Mercante, de conformidad lo previene el Art. 8 del Reglamento sobre Concesiones Marítimas, modificado por D.S. (M) N°9, publicado en el D.O. de fecha 17 de marzo de 2018.
- 355 Véase, art. 11 del D.L. N°1.939 de 1977.
- 356 Véase, art. 26 del D.L. N°1.939 de 1977.
- 357 Véase, Vergara, Blanco. 1999. Naturaleza jurídica de los bienes nacionales de uso público, en Revista Ius Publicum N°3, (Santiago 1999), p.76.
- 358 Véase S. Riestra. 2013. Justicia Ambiental y Planificación Territorial. En el Libro: Justicia Ambiental, Derecho e Instrumento de Gestión del Espacio Marino Costero, de J. Bermúdez & Hervé D. (Ed.). p. 139.
- 359 Véase, Op. Cit N°21
- 360 Véase, Op. Cit. N°27, p.140.
- 361 Véase, D.F.L. N°458, publicado en el D.O. de fecha 13 de abril de 1976, con sus actuales modificaciones.
- 362 Véase, Op. Cit N°15
- 363 Véase, Política Nacional del Uso del Borde Costero, promulgada por el D.S.(M) N°475 del Ministerio de Defensa Nacional, publicada en el D.O. de fecha 11 de enero de 1975.
- 364 Originalmente, la Política Nacional del Uso del Borde Costero consideraba un representante de la ex Comisión Nacional del Medio Ambiente (CONAMA).
- 365 Véase, Sayagués Laso, Enrique, Tratado de Derecho administrativo (Montevideo, 1959), I, p. 420. Citado por Jessica Fuentes Olmos (2013), en su “Análisis comparado de los regímenes de las concesiones marítimas y de acuicultura”. En la Revista de Derecho de la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso N°41, Valparaíso dic. 2013.
- 366 Véase Art. 1, N°12), del Reglamento sobre Concesiones Marítimas, promulgado por D.S. (M) N°9, publicado en el D.O. de fecha 17 de marzo de 2018
-

Conforme lo explica Navarrete (1998)³⁶⁷, las facultades que posee el Estado para administración nuestro borde costero, se remontan a los principios de nuestra vida Republicana. Así, para el indicado jurista (sic), en 1848 se dictó la ley, a través de la cual se fijó una organización política y administrativa especial para el territorio marítimo nacional, bajo la dependencia del Ministerio de Marina y comprendiendo toda la costa y mar jurisdiccional nacional en un solo departamento, dividido políticamente en área que se denominaron “*Gobernaciones Marítimas*”; posteriormente, en 1887, la Ley de Reorganización de Ministerios dejó a cargo del Ministerio de Marina “*la división del territorio marítimo y la dirección de las oficinas destinadas a su servicios*”³⁶⁸, asignándole funciones idénticas a la actual Subsecretaría para las Fuerzas Armadas³⁶⁹.

En 1927, se procede a modificar la antes comentada Ley de Ministerios de 1887³⁷⁰, otorgándose al Ministerio de Marina las competencias sobre “*la concesión de varaderos y playas, y el permiso para construir obras e instalaciones de este orden*”, así como también, “*la supervisión de las islas no sujetas a jurisdicción administrativa inmediata*”. De manera previa, había sido creada la Dirección General del Territorio Marítimo y de Marina Mercante, mediante la Ley N°1.060 de 1898, cuyas funciones contemplaba la “*tramitación y archivo de los expedientes por establecimiento de chatas, boyas, muelles y demás permisos que se relacionen con las playas del litoral*”³⁷¹.

Según lo manifiesta Navarrete (1998), a partir de 1931 el Ministerio de Marina formaliza el control de las playas y terrenos de playa para su arrendamiento, de conformidad a las facultades que recibió del D.F.L. N°210³⁷²; para ello, se crea el Reglamento General para las Concesiones Marítimas, el cual fue aprobado por D.S. (M) N° 1.500, de fecha 21 de agosto de 1931.

Posteriormente, en el año 1935, se promulga el nuevo Reglamento Orgánico de la Dirección General del Territorio Marítimo y de Marina Mercante³⁷³, por medio del cual se incluyó entre las funciones de las Capitanías de Puerto, la competencia sobre “*(...) la atención de las concesiones marítimas*”³⁷⁴.

Durante el Gobierno de don Gabriel Gonzalez Videla, se procedió a actualizar el Reglamento General de Concesiones Marítimas, que había sido promulgado el año inmediatamente anterior³⁷⁵ (1949), mediante el D.S.(M) N°1.293 de 1950, en el que se incluyó un extenso detalle de conceptos aplicados a las concesiones marítimas y se crea una sección de Concesiones Marítimas de la Dirección General del Territorio Marítimo y de Marina Mercante (denominado en esa época “Dirección del Litoral y de Marina Mercante). Particularmente, llama la atención en este Reglamento que, además de la documentación exigible para la solicitud de la concesión marítima, el requirente debía acompañar informes de la Oficina de Impuestos Internos, del Administrador del Puerto respectivo, cuando lo hubiere, si se trata de concesiones ubicadas dentro de la zona portuaria, del Administrador de Aduana o del Jefe de Aduana respectivo, cuando se trate de solicitudes de concesiones para la construcción de muelles, malecones u obras destinadas a la movilización de carga o pasajeros, del Inspector de Pesca de la región, cuando la solicitud tenga por objeto la instalación de viveros o criaderos artificiales de moluscos, o instalaciones de la industria pesquera y sus derivados, del Inspector de Fertilizantes local, en las concesiones solicitadas en las provincias de Tarapacá, Antofagasta y Atacama, del Ingeniero de la provincia, cuando se trate de playa o terrenos de playa en sectores susceptibles de interferir con los programas de vialidad de finalidad pública superior, del Alcalde de la I. Municipalidad, cuando se trate de concesiones de playa o terrenos de playa ubicados en sectores susceptibles de interferir con la conveniencia urbanística de la localidad, y, además, de no incurrirse en perjuicio de tercero, pondrá en conocimiento de los propietarios colindantes, por escrito, las características de la concesión que solicitan, dándoles un plazo prudencial para que formulen las objeciones u oposiciones a que crean tener derecho. Transcurrido dicho plazo, se daría por cumplida la diligencia.

En 1953, se aprueba la Ley Orgánica de la Dirección General del Territorio Marítimo y de Marina Mercante³⁷⁶, en cuyo artículo 3°, letras m), dispuso la función de “*ejercer la fiscalización y control de las playas y de los terrenos fiscales de playa colindantes con éstas en el mar, ríos y lagos; de las rocas, fondos de mar y porciones de agua dentro de las bahías, ríos y lagos, y a lo largo de las costas del litoral y de las islas, cuyo control y fiscalización otorgan las leyes al Ministerio de Defensa Nacional, Subsecretaría de Marina*”; lo anterior, es sin perjuicio que en el artículo 6° de esta misma norma legal, fijó como jurisdicción de la referida Autoridad Marítima “*el mar que baña las costas de la República hasta una distancia de doce millas (cuatro leguas marinas) medidas desde la línea de la más baja marea, o la extensión de mar territorial que se fije en acuerdos internacionales a los que se adhiera el Gobierno de Chile si es superior a la aquí señalada; las aguas interiores de golfos, bahías, estrechos y canales cualquiera que sea la distancia que exista entre sus*

367 Véase A. Navarrete. 1998. Régimen Jurídico de las Concesiones Marítimas. En Revista Chilena de Derecho, Vol. 25 N°4, pp. 953-991 (1998).

368 Véase D.S.(M) N°2.160 de 1892, que aprueba el Reglamento Orgánico y Funcional del Ministerio de Marina.

369 Véase Op. Cit. 36, p. 957

370 Véase Art. 9°, letra b), del D.L. N°7.912 de 1927.

371 Véase Art. 328 del D.S.(M) N°1.377 de 1919, el cual es citado por A. Navarrete (1998).

372 En ese mismo año, la facultad para otorgar en arrendamiento las playas y los terrenos de playa, con que fue facultado el Ministerio de Marina, fue regulado por el Reglamento promulgado por el D.S.(M)N°1.500 de 1931.

373 Véase D.S.(M) N°1.686 de 1935.

374 Véase Op. Cit N°36, p. 957.

375 Véase el D.S. (M) N° 12, promulgado con fecha 4 de enero de 1949.

376 Véase D.F.L. N°292, publicado en el D.O. de fecha 5 de agosto de 1953

costas; las playas, los roqueríos hasta donde alcanzan las más altas mareas; los lagos de dominio público, y los ríos navegables hasta donde alcanzan los efectos de las mareas; los diques, varaderos, desembarcaderos, muelles, espigones de atraque y, en general, toda construcción que se interne en las aguas marítimas, fluviales y lacustres, o construidas en ellas (Obras Marítimas); la extensión de ochenta metros de ancho en los bienes nacionales y fiscales, medidos desde la costa u orilla de mar, riberas de lagos o de ríos navegables hacia tierra firme y caletas. En los recintos portuarios de puertos artificiales de la Dirección tendrá jurisdicción sólo en cuanto el mantenimiento del orden, seguridad y disciplina”.

Posteriormente, en 1981, esta misma funcionalidad es renovada, mediante la dictación de la Ley N°18.011, el cual en su artículo 5°, reemplaza el antes indicado artículo 3° de la Ley Orgánica de la Dirección General del Territorio Marítimo y de Marina Mercante de 1953, ratificándole en propiedad, conforme el amparo que le dio la Constitución Política de la República de 1980.

Sin perjuicio del mérito de las normas ya enunciadas, fue en 1960 cuando el Estado se pone los *“pantalones largos”* en lo referente a la administración de las concesiones marítimas, mediante la promulgación del D.F.L. N°340³⁷⁷, denominada *“Ley de Concesiones Marítimas”*, el cual vino a reemplazar la norma legal que venía utilizándose desde 1931 (D.F.L. N°210 de 1931). En opinión de Navarrete (1998), este nuevo cuerpo legal permitió recoger (cit) la experiencia más que centenaria del Estado respecto de este tipo de concesiones, incluyendo las fluviales y lacustres, a cargo del Ministerio de Defensa Nacional, en su plano político gubernamental, y de la Autoridad Marítima (Dirección General del Territorio Marítimo y de Marina Mercante), quien ejerció el cargo operativo o de ejecución y control de ellas. La historia ha demostrado que, hasta hoy en día, la Ley de Concesiones Marítimas, que fue promulgada por el D.F.L. N°340 de 1960, no tenido una modificación necesaria para poder responder a la correcta administración de los bienes nacionales que son otorgados mediante la figura de las *“concesiones marítimas”*.

No obstante ello y atendiendo a la importancia del D.F.L. N°340 de 1960, en el año 1968 se readecúa el Reglamento General sobre Concesiones Marítimas³⁷⁸, lo que posteriormente no ocurrió sino hasta 1988³⁷⁹, con el objeto de disponer de un cuerpo regulatorio más actualizado y vigente a los procedimientos administrativos imperantes. Luego de ello, en 1994³⁸⁰ y en el 2005³⁸¹, se vuelve a modificar el Reglamento sobre Concesiones Marítimas, buscando facilitar el mecanismo de solicitud y otorgamientos de las concesiones marítimas, y reducir el tiempo de tramitación de la misma, mediante la creación de sistemas informáticos integrados, tal como el Sistema Integrado de Administración del Borde Costero (SIABC)³⁸², que fue desarrollado en el año 2005 por la Subsecretaría de Marina y el Departamento de Tecnologías de la Información de la Dirección General del Territorio Marítimo y Marina Mercante.

Más recientemente, el 17 de marzo de 2018, se publicó en el Diario Oficial el D.S. (M) N°9, a través del cual vino a sustituir el Reglamento sobre Concesiones Marítimas, que venía corriendo desde el 2005. La justificación de esta nueva modificación del ya indicado Reglamento, conforme lo expresa la propia norma, es el *“cumplir con los principios de eficacia y eficiencia que contempla el artículo 3° de la ley N° 18.575, Orgánica Constitucional de Bases Generales de la Administración del Estado”*, además, que *“el desarrollo de proyectos públicos y privados en el borde costero requiere la coordinación de múltiples organismos públicos que tienen competencia sectoriales sobre los intereses que pueden desarrollarse en la precitada franja territorial y que, en definitiva, requieren de un permiso administrativo entregado por la Dirección General del Territorio Marítimo y de Marina Mercante o del Ministerio de Defensa Nacional”*.

Según lo expresa Flores (2018)³⁸³, este nuevo cuerpo reglamentario *“viene a armonizar por una parte y de manera meramente formal, algunas disposiciones esenciales ya contenidas en la Ley 19.880 y, por otro lado, modifica varios puntos sustanciales o de fondo, en lo que concierne al procedimiento especial de concesión marítima”*.

Entre los aspectos que Flores (2018) destaca que el nuevo Reglamento sobre Concesiones Marítimas ha modificado, términos del procedimiento de tramitación de las concesiones marítimas, son los siguientes:

- a) En cuanto a la solicitud de renovación, plazos y antecedentes planimétricos. Actualmente, las solicitudes de renovación de una concesión no pueden presentarse sino hasta dentro de los últimos seis meses de vigencia de la misma. En opinión de Flores (2018), esto produce como efecto que, en prácticamente la totalidad de los casos, la renovación se otorga

377 Véase Op. Cit. N°21, referido a la Ley de Concesiones Marítimas.

378 Véase D.S. (M) N°223 de 1968, que modifica el Reglamento General sobre Concesiones Marítimas.

379 Véase D.S.(M) N°660 de 1988, que modifica el Reglamento sobre Concesiones Marítimas.

380 Véase D.S.(M) N°476 de 1994.

381 Véase D.S.(M) N°2 de 20015

382 El Sistema Integrado de Administración del Borde Costero tiene por objetivo proporcionar una estructura sistémica e integrada en línea que otorgue soporte a la gestión de planificación y desarrollo, operativa, de fiscalización y control, con el fin de optimizar la administración del Borde Costero, en el marco de la aplicación de la Política Nacional de Uso del Borde Costero (PNUBC), entregando a la comunidad un sistema de información de acceso universal, que permita conocer todo lo concerniente al trámite de una concesión marítima y/o de acuicultura, como también lo relativo a las concesiones vigentes, en pro de los lineamientos del Estado, relacionado con el Gobierno Electrónico

383 Véase Patricio Flores Brito. 2018. Nuevo Reglamento sobre Concesiones Marítimas: Principales modificaciones. En <http://www.aqua.cl/columnas/nuevo-reglamento-concesiones-maritimas-principales-modificaciones/>

cuando ya terminó el período primitivo de vigencia. Para evitar estas situaciones, se permite que las renovaciones de concesiones mayores puedan ser presentadas entre seis meses y dos años antes de su vencimiento, mientras que las de concesiones menores y destinaciones marítimas, entre seis meses y un año. Quizás en un punto actual crítico y atendido a que está pendiente un pronunciamiento jurídico por parte de la Contraloría General de la República a requerimiento de la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura, se debió regular expresamente la solución para aquellos casos de sobreposición entre concesiones marítimas en proceso de renovación (presentadas antes de su vencimiento y por ende, vigentes) y solicitudes de Espacios Costeros Marinos de Pueblos Originarios (ECMPO), destacando que en la actualidad la Subsecretaría para las Fuerzas Armadas suspende las solicitudes de renovación a todo evento. Desde el punto de vista técnico y con la finalidad de contribuir a la modernización cartográfica del borde costero, se propone que en las respectivas renovaciones de concesiones se presente un plano actualizado (art. 51).

- b) Esta nueva norma introduce en la nueva reglamentación el concepto de terreno de playa artificial (relleno de sector de playa). En atención a la proliferación de estas intervenciones costeras, el legislador ha introducido el concepto de línea de relleno (art. 1, N°30), distinguiendo la línea de terreno de playa (art. 1, N°29) y creando el concepto de terreno de playa artificial (art. 1 N°53). Para Flores (2018), con la citada distinción la administración obliga a declarar estas nuevas líneas y terrenos al solicitante (art. 49, b, y 50, b).
- c) En consideración a que, previo a la modificación del Reglamento sobre Concesiones Marítimas formalidad de publicidad de los decretos supremos que otorgaban, renovaban, transferían o concedían cualquier otros trámite respecto de una concesión, consistía en su reducción a escritura pública, la inexistencia de un registro único a nivel notarial impedía el acceso y/o conocimiento eficaz de las personas con respecto a estos decretos. Por consiguiente, en los términos de publicidad de los decretos de concesión marítima, el nuevo cuerpo reglamentario solucionó el comentado inconveniente, eliminando la citada reducción y estableciendo el requisito de la publicación en el Diario Oficial de un extracto del acto administrativo, lo que facilitaría su búsqueda y aumentaría su publicidad, cuyo contenido se regla en los artículos 72 y 73 del nuevo D.S.(M) N°9/2018. Para Flores (2018), esta norma equipara las concesiones marítimas a las concesiones de acuicultura en lo referido al tópico de publicidad.
- d) En términos del fortalecimiento de la regulación en materia de sobreposiciones, el reglamento actual (art. 18), junto con adicionarse directrices de índole ambiental a los factores de prelación existentes para el caso de sobreposición de requerimientos, se establece expresamente qué organismos del Estado deben ser consultados para efectos de determinar el mejor aprovechamiento o uso del borde costero del litoral. Ello, puesto que, en el caso de que exista sobreposición de solicitudes y estos sean equivalentes, de acuerdo con los criterios considerados por el Reglamento, lo podrá decidir el Ministro de Defensa Nacional o el Director General del Territorio Marítimo y de Marina Mercante, según corresponda, quienes podrán considerar la aprobación del Estudio de Impacto Ambiental o de una Declaración de Impacto Ambiental, relativo a lo solicitado en la concesión, o la existencia de un anteproyecto de edificación aprobado por la Dirección de Obras Municipales correspondiente, como criterio de preferencia³⁸⁴.
- e) En cuanto a la clasificación de las solicitudes de modificación de concesión marítima, el nuevo reglamento distingue entre una solicitud de modificación sustancial y una no sustancial³⁸⁵, estableciendo que las modificaciones sustanciales son aquellas que pretenden incluir obras que requieran permiso de acuerdo a la Ley General de Urbanismo y Construcción o amplíen la superficie de la concesión; este tipo de solicitudes se equiparan a las de otorgamiento.
- f) En relación con los actos de publicidad para los requerimientos de concesión y oposición a las mismos, Flores (2018), destaca que el nuevo Reglamento dispone que se deberá proceder a la publicación de un extracto de la solicitud en una página web de la Subsecretaría y, en el caso de los requerimientos relativos a concesiones marítimas mayores, la obligación del interesado corresponderá a publicar el extracto en un diario o periódico de circulación regional o local o, en caso de no existir, en un diario o periódico de circulación nacional, dentro de los 45 días contados desde que se declara admisible a trámite la solicitud. Por otro lado, el plazo para presentar oposiciones será de 30 días desde la respectiva publicación³⁸⁶.

384 Ver Art. 18 del D.S.(M) N°9, publicado en el D.O. de fecha 17 de marzo de 2018.

385 Véase Art. 16 del D.S.(M) N°9, publicado en el D.O. de fecha 17 de marzo de 2018.

386 Véase Art. 65 del D.S.(M) N°9, publicado en el D.O. de fecha 17 de marzo de 2018.

6.3.2.2 Política nacional del uso del borde costero

Tal como ya fue comentado en los capítulos precedentes, a partir de las distintas reuniones internacionales, las cuales se efectuaron en el marco del Plan de Ordenamiento Ambiental de las Zonas Marinas y Costeras para el Pacífico Sudeste, aprobado en el año 1989, y de conformidad a los compromisos internacionales, nuestro país creó un instrumento destinado a implementar nuevas ventanas de planificación, administración y gestión de sus espacios costeros y marítimos, mediante orientaciones generales y específicas. Este sistema de ordenamiento territorial fue aprobado con fecha 14 de diciembre de 1994, mediante el D.S. (M) N° 475, del Ministerio de Defensa Nacional, a través del cual se aprobó la Política Nacional de Uso del Borde Costero del Litoral de la República. Ello, debido a la escasa regulación que se refiriera a esta parte esencial del territorio nacional.

Además, mediante la referida Política, se creó una instancia de toma de decisiones que estaría integrada por los principales actores, públicos y privados, que intervienen en esta zona geográfica, posibilitando contar con un marco de acción en el que se desarrollaran los distintos organismos públicos competentes en el ámbito del borde costero nacional.

Para Patillo Barrientos (1997)³⁸⁷, a través de esta Política, el Estado asumió *“la obligación ineludible de estudiar y diseñar una planificación global, conjunta y armónica de su territorio, terrestre y marítimo, creando los mecanismos idóneos que permitan un desarrollo integral y coordinado de ellos, mediante el uso y explotación más eficiente y adecuado de sus recursos y potencialidades presentes y futuras”*.

Según Flores (2016)³⁸⁸, (sic) la manifestación más clara de la materialización del objetivo para el cual se creó la Política Nacional del Uso del Borde Costero, lo constituye el proceso Zonificación del mismo. Este proceso, actualmente, no cuenta con ninguna normativa legal ni reglamentaria que trate efectivamente las etapas o pasos para efectuarla, por lo que se otorga amplia discreción a los organismos administrativos intervinientes. El instrumento más relevante que regula algunos aspectos procedimentales de la zonificación, corresponde al llamado *“Reglamento Interno de Funcionamiento de las CRUBC”*, disposición que, al igual que la Comisión Nacional del Uso del Borde Costero, carece de rango suficiente para tratar la materia, pues consideramos que tanto los procedimientos en los cuales tienen injerencia estas comisiones, como aquellos procesos de zonificación que ellas proponen, resultan irrelevantes si no se traducen en la implementación de instrumentos de planificación territorial, que necesariamente requieren su reconocimiento a través de normas de rango legal, para así ordenar y posibilitar la imposición de limitaciones al desarrollo de actividades en el borde costero.

Como objetivos generales de esta Política³⁸⁹, está el propender a una adecuada consideración de la realidad geográfica de cada uno de los sectores o áreas del litoral, que en algunos casos condicionan en forma determinante usos específicos, como es el caso de las bahías naturales, proximidad a centros poblados, condiciones meteorológicas locales, accesos, entre otros; así como, también, el propender a una adecuada compatibilización de las múltiples actividades que se realizan o pueden realizarse en el borde costero: posibilitar y orientar el desarrollo equilibrado de las diferentes actividades, desde una perspectiva nacional, acorde a los intereses regionales, locales y sectoriales; y contribuir a la identificación de las perspectivas y proyecciones futuras de cada una de las actividades que precisen ser ejecutadas en los espacios territoriales que conforman el borde costero, para evitar su uso inadecuado o inconveniente, tomando en consideración que éste constituye un recurso limitado.

En concordancia con los objetivos generales, en el párrafo IV de esta Política, se establecen los diferentes objetivos y propósitos específicos posibles para las diversas áreas del litoral, a saber: Identificar los planes y proyectos de los distintos organismos del Estado, que afecten al Borde Costero; Procurar la compatibilización de todos los usos posibles del Borde Costero, en las distintas áreas y zonas, promoviendo su desarrollo armónico, integral y equilibrado, maximizando su racional utilización, precaviendo posibles requerimientos futuros y tomando en cuenta la realidad actual del uso del mismo; Posibilitar la realización de inversiones, el desarrollo de proyectos públicos y privados, bajo reglas predeterminadas, que permitan su concreción; Proponer los usos preferentes del Borde Costero.

Con respecto a este último objetivo, para Flores (2016) *“los usos preferentes específicos, se determinarán teniendo en consideración factores geográficos, naturales, recursos existentes, planes de desarrollo, centros poblados próximos o aledaños, definiciones de usos ya establecidos por organismos competentes”*.

En este mismo contexto, para Andrade et. al. (2008)³⁹⁰ estas citadas atribuciones (asociadas a la aprobación de propuestas de zonificación del borde costero), podría considerarse una forma importante de planificación territorial costera; sin embargo, solo se trata de propuestas de zonificación a las cuales los organismos gestores del borde costero resuelven facultativamente acogerse,

387 Véase J. Patillo. 1997. “Política Nacional del Uso del Borde Costero de la República. Oportunidades y riesgos”. En Revista Marina. Vol. 114/837. Valparaíso, 1997, pp. 3-4.

388 Véase P. Flores. 2016. La Comisión Regional del Uso del Borde Costero: Régimen jurídico en el procedimiento administrativo de otorgamiento de concesiones marítimas. Informe jurídico para optar al grado de Magíster en Derecho con mención en Derecho Público. Escuela de Graduados, Facultad de Derecho, Universidad de Chile, p.13.

389 Véase Art. 1°, párrafo III, del D.S.(M) N°475 de 1994.

390 Véase Op. Cit. N°15

sin tener un efecto vinculante directo para todos los usuarios del borde costero. En consecuencia, corresponden a propuestas de planificación sectorial, que eventualmente pueden ser aplicadas por los organismos encargados de regular y controlar las actividades productivas de pesca y acuicultura, de turismo y de asentamientos urbanos en el litoral mismo, pero que no se insertan en un contexto general de ordenamiento de los espacios terrestres y marítimos.

Por consecuencia, el esfuerzo de ordenamiento que pudiese haber efectuado la Comisión Nacional del Uso del Borde Costero (CNUBC) solamente tendría un alcance limitado para efectos de la regulación de todas las actividades que tienen impacto en la zona costera, dado su nulo efecto vinculante y su escasa extensión territorial, al referirse exclusivamente al borde costero, alcanza solamente a una parte de la zona costera.

A mayor abundamiento de lo expuesto, según Andrade et. al. (2008), “el establecimiento de una Política Nacional de Uso del Borde Costero por medio de decreto supremo, si bien importante como primera iniciativa para regular el espacio costero, es limitado desde el punto de vista de su estabilidad legal, ya que puede quedar sometido a vaivenes políticos del gobierno de turno más que a la voluntad política expresada a través del Poder Legislativo”.

La institución que está encargada de la planificación y gestión del borde costero, es la Comisión Nacional del Uso del Borde Costero (CNUBC)³⁹¹, creada con el objetivo principal de que proponga al Presidente de la República acciones que impulsen la Política, y está compuesta por representantes de diferentes organismos públicos relevantes, entre los cuales, no solamente se consideran aquellos relativos al territorio marítimo, sino que por cierto autoridades sectoriales, como lo son: Subsecretaría de Desarrollo Regional y Administrativo, Subsecretaría de Pesca y Acuicultura, Ministerio de Planificación, Ministerio de Obras Públicas, Ministerio de Vivienda y Urbanismo, Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones, Ministerio de Bienes Nacionales, Servicio Nacional de Turismo, y del Ministerio del Medio Ambiente³⁹².

6.2.2.3 Normativa ambiental que establece usos para las zonas costeras

El objetivo de la gestión y el ordenamiento de la zona costera consisten en administrar el conjunto de sus recursos terrestres y acuáticos de un territorio. Sus límites deben extenderse tan lejos hacia alta mar y al interior de las tierras como lo exija la realización de los objetivos de dicha gestión.

Para llevar cabo una gestión exitosa, se debe de tener en consideración un conjunto de aspectos que normalmente se presentan al momento de emprenderla.

- Con muy pocas excepciones, las estructuras políticas-administrativas y los órganos establecidos para asegurar el funcionamiento de la sociedad, no están coordinados como sería deseable. En algunos casos son incluso incompatibles en materia de gestión costera. Conviene pues, como primera tarea, integrar a los diversos órganos administrativos de gestión de manera que se administren en conjunto todos los recursos.
- Un segundo aspecto tiene que ver con materias de orden jurídico. Sucede a menudo que las competencias de las autoridades locales se detienen en el espacio de playa descubierta con la marea baja. Para intervenir más allá de este límite, resulta necesario integrar, dentro del proceso de gestión, a la autoridad regional o nacional competente, dotándola además de herramientas legales y de una infraestructura técnica. Lo mismo ocurre con otras actividades que se desarrollan en aguas nacionales o territoriales, ya se trate del tráfico marítimo, perforaciones en el mar, explotación minera o explotación energética.
- Existen ámbitos que se rigen por acuerdos internacionales cuya aplicación y control requieren de la intervención de las autoridades nacionales. La prevención de la contaminación marina, la inmersión de desechos radioactivos en el mar y las convenciones relativas a los diferentes mares, constituyen ejemplos de ello. Aunque estas actividades estén situadas lejos de la costa, pueden producir efectos incluso en las aguas costeras y en el litoral. Por este motivo, resulta importante tenerlas en cuenta en las iniciativas de gestión de la zona costera.
- Por último, están aquellos aspectos relacionados con la influencia de las actividades terrestres en los recursos del mar. Existe sin duda alguna un nexo entre la gestión costera y los recursos biológicos en toda la franja marítima expuesta a la contaminación. Por consiguiente, la gestión de los recursos biológicos en las aguas costeras debe formar parte integrante de la gestión de zonas costeras.
- De lo anterior se hacen resaltar dos conclusiones. La primera es que si se quiere asegurar una gestión eficaz que cubra la mayor

391 La CNUBC fue creada, mediante el mismo D.S.(M) N°475 de 1994.

392 Véase, Art. 3° del D.S. (M) N° 475 de 1994.

parte de las relaciones economía-medio ambiente, importa definir los límites de la zona costera de manera muy amplia. La segunda es que resulta indispensable asegurar un buen nivel de integración entre las diferentes unidades administrativas locales y regionales o nacionales que deban intervenir en la gestión. En consecuencia, la intervención de los diferentes niveles sectoriales de la Administración Pública hace necesario un reparto de las responsabilidades y, por tanto, de la concurrencia administrativa en relación con ciertas competencias. Algunos apuntes de los conceptos administración y gestión de espacios litorales (Gubbay, 1992) hacen énfasis en tales cuestiones:

- “...el interés de la Gestión del Espacio Litoral suele girar en torno a la resolución de los conflictos generados entre los diferentes usos y la asignación de los más apropiados a los recursos costeros” (Sorensen y otros, 1984).
- “...el primer objetivo de la gestión del espacio litoral es proporcionar una serie de directrices a los responsables de las tomas de decisiones en el sentido de que la demanda de las numerosas actividades encuentren acomodo sin perturbarse unas a otras, al tiempo que se respetan el equilibrio del sistema natural y el uso y disfrute de los miembros de la comunidad” (Report of House Representatives Standing Committee on the Management of the Coastal Zone in Australia).
- “...La gestión del espacio litoral coordina las acciones de varios sectores económicos para asegurar que el avance de uno de ellos no repercuta negativamente en otros” (Al Gain y otros, 1987).
- “...proceso dinámico en el cual es desplegada y desarrollada la coordinación estratégica para la distribución de los recursos medioambientales, socioculturales e institucionales que permitan alcanzar la conservación y el uso múltiple sostenido de la zona costera” (Coastal Area Management & Planning Network, 1989).

La noción de Gestión del Espacio Litoral, se complementa con lo expresado por Hoozemans, F.M 1992³⁹³, cuando afirma que ésta tiene como tareas “su planificación, diseño y construcción de infraestructuras, regulación, control, funcionamiento y mantenimiento”. Esta amplia visión se entiende mejor al considerar que la primera meta de la Gestión es conseguir los bienes y servicios necesarios de acuerdo con los objetivos marcados.

Objetivos tan genéricos conducen a una considerable gama de posibilidades en la administración y gestión de la zona costera. Estas pueden traducirse en una normativa que proporcione el marco legal, un aparato político que asigne los recursos y especifique los objetivos y un cuerpo técnico de la Administración Pública cuya función sea ejecutar las políticas diseñadas. En resumen, puede afirmarse que la naturaleza compleja de la zona costera, desde los puntos de vista físico y humano, explica su complejidad administrativa y, en consecuencia, sus dificultades para su gestión.

Los inconvenientes surgidos para la gestión y manejo de un espacio tan singular provienen, en parte, por el elevado número de administraciones sectoriales (pesca, defensa, medio ambiente, obras públicas, minería, urbanismo, industria, agricultura) y de todas las escalas administrativas competentes, sean estas locales, metropolitana, provincial, regional, nacional, y supranacional. Los distintos enfoques, perspectivas, intereses y posibilidades de cada administración hacen realmente arduo i) coordinar la aplicación de normativas, ii) definir objetivos, criterios, estrategias y medidas de intervención y iii) asignar medios técnicos y recursos financieros. Tales razones explican el hecho de que el espacio litoral, a pesar de haber sido tratado intensamente en foros internacionales, sigue degradándose y permanezca a la fecha en muchos países, sin un sistema que permita su correcta gestión.

Conforme fue considerado en el Informe País, Estado del Medio Ambiente en Chile, del año 2012³⁹⁴, el marco legal que regula el uso del borde costero en Chile está constituido por una serie de Ministerios que participan, en mayor o menor medida, en la construcción de la estructura jurídica y política de esta área medio ambiental, entre los cuales se pueden considerar, entre otros, al Ministerio de Bienes Nacionales; al Ministerio de Obras Públicas; Ministerio de Defensa Nacional; Ministerio de Economía, Fomento y Turismo; Ministerio de Agricultura; y al Ministerio Secretaría General de la Presidencia. No obstante ello, en la comentada distribución orgánica, no se incluyó a otros actores tan importantes en la gestión ambiental de los recursos marinos, considerando el borde costero, como lo son el Ministerio de Medio Ambiente y la Superintendencia de Medio Ambiente.

Estas dos instituciones fueron creadas a partir de la Ley N°20.417, publicada en el D.O. de fecha 20 de enero de 2010, la cual modificó la Ley N°19.300, sobre Bases Generales del Medio Ambiente, creando al Ministerio de Medio Ambiente, al Servicio de Evaluación Ambiental (SEA) y a la Superintendencia de Medio Ambiente (SMA).

Del mismo modo y tal como fue expuesto en el subcapítulo 6.4.1 precedente, esta misma ley, además, enmendó otras disposiciones legales, tales como la Ley General de Pesca y Acuicultura (LGPA), en términos de transferir la competencias en materia de la declaración de Parques y Reservas Marinos al Ministerio de Medio Ambiente, en vez del Ministerio de Economía, Fomento y Turismo, a través de la

393 Véase “Introduction to the coastal system”. Delf Netherlands, 12: 76-189.

394 Véase Informe País. Estado del Medio Ambiente en Chile 2012. Centro de Análisis de Políticas Públicas, Instituto de Asuntos Públicos, Universidad de Chile. Noviembre. 2013. 296 págs.

Subsecretaría de Pesca y Acuicultura (SUBPESCA), en el que se encontraba previo a ello.

Además, la nueva normativa legal, permitió incorporar en el inciso segundo del artículo 4° de la Ley sobre Bases Generales del Medio Ambiente (Ley N°19.300), el deber de la institucionalidad de propender la conservación de los ecosistemas naturales, incluyendo el marino, al establecer que *“los órganos del Estado, en el ejercicio de sus competencias ambientales y en la aplicación de los instrumentos de gestión ambiental, deberán propender por la adecuada conservación, desarrollo y fortalecimiento de la identidad, idiomas, instituciones y tradiciones sociales y culturales de los pueblos, comunidades y personas indígenas, de conformidad a lo señalado en la ley y en los convenios internacionales ratificados por Chile y que se encuentren vigentes”*³⁹⁵.

En cuanto a la evaluación de los proyectos o actividades que son sometidos al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA) con respecto al uso del borde costero, la antes comentada regulación legal agregó al artículo 8 de la Ley N°19.300 (modificada por la ley N°20.417), deber de que se reciba informe de parte del Gobierno Regional, del Municipio respectivo y de la Autoridad Marítima competente, cuando corresponda, sobre la compatibilidad territorial del proyecto presentado.

Además, de acuerdo a lo que fue establecido en el Mensaje Presidencial de la Ley N°20.417, que modificó la institucionalidad ambiental, las competencias del Ministerio se pueden dividir en tres ámbitos:

- a) Políticas y regulaciones ambientales generales, que incluye aquellas vinculadas a cuentas ambientales, biodiversidad y áreas protegidas.
- b) Políticas y regulaciones para la sustentabilidad. Lo anterior implica que debe llegarse a los necesarios acuerdos con los sectores a cargo del fomento productivo, así como la promoción de convenios de colaboración con Gobiernos Regionales y Municipalidades.
- c) Políticas y regulaciones en materia de riesgo y medio ambiente. El Ministerio se compondrá de una subsecretaría, abordando sus divisiones al menos las siguientes materias, que han sido evaluadas como centrales para la gestión ambiental que viene: Regulación Ambiental; Información y Economía Ambiental; Educación, Participación y Gestión Local; Recursos Naturales y Biodiversidad; Cambio Climático y Cumplimiento de Convenios Internacionales, y Planificación y Gestión.

Todo lo anterior, demuestra claramente las competencias que posee el señalado Ministerio en la gestión ambiental de los ecosistemas marinos y del borde costero nacional.

En cuanto a la Superintendencia de Medio Ambiente (SMA), a dicha institución le corresponde de forma exclusiva ejecutar, organizar y coordinar el seguimiento y fiscalización de las Resoluciones de Calificación Ambiental de los proyectos que se han aprobado ambientalmente, incluyendo aquellos que operan en el medio marino o en su borde costero. Además, le compete ejecutar, organizar y coordinar las medidas de los Planes de Prevención y/o de Descontaminación Ambiental, del contenido de las Normas de Calidad Ambiental y Normas de Emisión, y de los Planes de Manejo, cuando corresponda, y de todos aquellos otros instrumentos de carácter ambiental que establezca la Ley.

Para desarrollar la referida labor, la SMA puede utilizar tres modalidades de fiscalización:

- A través de una modalidad directa, es decir, mediante sus propios funcionarios;
- A través de las facultades que poseen los distintos órganos de la administración del Estado con competencia ambiental. De manera que, está facultado para encomendarles determinadas labores de fiscalización sobre la base de los programas y subprogramas que se pueden definir en conjunto;
- Mediante la acción de terceros, que están debidamente acreditados y autorizados por la SMA, tales como, entidades técnicas de fiscalización y entidades técnicas de certificación.

Asimismo, la SMA posee la rectoría técnica de la actividad de fiscalización ambiental, por cuanto debe establecer los criterios de fiscalización que deberán adoptar todos los organismos sectoriales que cumplan funciones de fiscalización ambiental para efectos de llevar a cabo sus labores.

Otro organismo, que poseen competencias en la gestión de los ecosistemas marinos, incluyendo el borde costero, es la Dirección General de Territorio Marítimo y de Marina Mercante, organismo dependiente jerárquicamente de la Armada de Chile y conocida de manera coloquial como DIRECTEMAR, encuentra sus fundamentos jurídicos para proteger los ecosistemas marinos y el borde costero a partir de lo dispuesto en el artículo 5° de la Ley de Navegación³⁹⁶, el cual expresa que *“la autoridad marítima corresponderá a la*

395 Véase Art. 4°, inciso 2°, Ley N°19.300, modificada por la Ley N° 20.417

396 Véase Valenzuela, Rafael. 1976. Contaminación Marina y Derecho Nacional. Ediciones Universitarias de Valparaíso.

Dirección y, como tal, aplicará y fiscalizará el cumplimiento de esta ley, de los convenios internacionales y de las normas legales o reglamentarias relacionadas con sus funciones, con las preservación de la ecología en el mar y con la navegación en las aguas sometidas a la jurisdicción nacional. La Dirección tendrá la representación oficial del Estado en asuntos o reuniones internacionales relativos a las materias profesionales y técnicas de que trata esta ley”.

Esta misma Ley, en su Título IX “De la Contaminación”³⁹⁷, párrafo 1º, establece un principio general en materia de contaminación acuática, cuya disposición ya era norma exigida desde el año 1941, conforme se consagró en el artículo 185º del Reglamento de Orden, Seguridad y Disciplina de las Naves y Litoral de la República³⁹⁸, y cuyo texto señalaba:

“Artículo 185.- Se prohíbe arrojar lastre, escombros, basuras, derramar petróleo y sus derivados o residuos de los mismos, aguas de relaves de minerales u otras materias orgánicas nocivas o peligrosas de cualquier especie, en los puertos o en las aguas jurisdiccionales de la República, sin el consentimiento previo de la Autoridad Marítima respectiva, quien designará e todo caso, el lugar o forma como se procederá a efectuar alguna de dichas operaciones (...).”

A dicha disposición, la Ley de Navegación, en cambio, quiso replantear de una manera más profunda el enfoque tradicional, agregándole el carácter absoluto a la citada prohibición³⁹⁹. Además, permitió especificar las actividades que serían sometidas a ella y los cuerpos de agua sujetos a su tutela, señalando en su artículo 142º:

“Artículo 142.- Se prohíbe absolutamente arrojar lastre, escombros, basuras, derramar petróleo o sus derivados o residuos, aguas de relaves de minerales u otras materias nocivas o peligrosas, de cualquier especie, que ocasionen daños o perjuicios en las aguas sometidas a la jurisdicción nacional, en puertos, ríos y lagos (...).”

Cabe hacer presente, que este mismo principio general es reproducido fidedignamente en el artículo 2º del Reglamento para el Control de la Contaminación Acuática⁴⁰⁰. Además, como cuerpo normativo de la Ley de Navegación, el antes mencionado Reglamento incorpora otras prohibiciones que se inspiraron en aquel dispuesto en el artículo 142; ejemplo de ello son, la prohibición de transporte marítimo de sustancias nocivas o peligrosas que puedan ocasionar daños o perjuicios a las aguas sometidas a la jurisdicción nacional, que señalan el artículo 10º, la prohibición de efectuar descargas de aguas sucias a toda nave o artefacto naval, como se dispone en su artículo 92º, o la prohibición de introducir o descargar directa o indirectamente a las aguas sometidas a la jurisdicción nacional de cualquier materia, energía o sustancias nocivas o peligrosas desde fuentes terrestres, que se indica en su artículo 136º y que actualmente representa uno permisos ambientales sectoriales que otorga la Autoridad Marítima a las actividades o proyectos sometidos al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental.⁴⁰¹

Orgánicamente, la citada Autoridad Marítima Nacional, ejerce sus competencias ambientales, a través de sus órganos operativos, los cuales son las Gobernaciones Marítimas y las Capitanías de Puerto, las cuales se encuentran distribuidas desde Arica hasta el territorio antártico (en las bahías de Fildes y Paraíso).

Desde el punto de vista técnico, esta Autoridad Marítima Nacional supervisa las actividades que se encuentran bajo su jurisdicción, mediante su Dirección de Intereses Marítimos, en donde se administran y se evalúan aquellos proyectos u operaciones que pueden afectar la calidad del medio acuático, incluyendo sus ecosistemas marinos y dulceacuícolas continentales⁴⁰², así como también, las concesiones marítimas otorgadas por el Ministerio de Defensa Nacional y las autorizaciones transitorias de ocupación del borde costero.

Subsecretaría de Pesca y Acuicultura.- esta institución, la que se encuentra bajo la supervisión del Ministerio de Economía, Fomento y Turismo, posee amplias atribuciones jurídicas destinadas a regular y administrar la actividad pesquera y de acuicultura nacional, a través de políticas, normas y medidas de administración, de acuerdo a un enfoque precautorio y ecosistémico que promueva la conservación y sustentabilidad de los recursos hidrobiológicos para el desarrollo productivo nacional⁴⁰³.

De esta manera, la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura (SUBPESCA), posee una amplia función reguladora de las actividades que inciden en los recursos hidrobiológicos, incluyendo, entre otras, las actividades pesqueras extractivas y de transformación, la acuicultura y cualquier proyecto que pueda afectar el ecosistema en donde se encuentren las especies y recursos hidrobiológicos. Las facultades con que ésta autoridad pesquera actúa ya fueron enunciados en el subcapítulo 6.4.1 precedente.

397 Véase artículos 142 al 162 del D.L. N° 2.222, del 21 de mayo de 1978, publicado el 31 de mayo de 1978.

398 Véase Valenzuela, Álvaro. 1974. Ecología y Educación (reflexiones sobre la necesidad de inspirar las labores educacionales en la perspectiva ecológica del Informe fauré de la UNESCO).

399 Véase Amaya, Oscar Darío. 2001. Lecturas sobre Derecho del Medio Ambiente. Tomo I.

400 Véase D.S.(M) N° 1 del 6 de enero de 1992, Reglamento para el Control de la Contaminación Acuática, modificado por el D.S.(M) N° 820 del 5 de noviembre de 1993, que fue publicado en el D.O. del 17 de noviembre de 1993..

401 Véase Art. N° 115 del D.S.(MMA) N° 40/2012, actual Reglamento del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental.

402 DIRECTEMAR posee jurisdicción sobre aquellos ríos y lagos que son navegables por embarcaciones que posean sobre 100 toneladas de registro grueso.

403 Véase misión institucional en www.subpesca.cl

A su vez, el Servicio Nacional de Pesca (SERNAPESCA) es la institución dependiente del Ministerio de Economía, Fomento y Turismo, cuya misión es fiscalizar el cumplimiento de las normas pesqueras y de acuicultura, proveer servicios para facilitar su correcta ejecución y realizar una gestión sanitaria eficaz, a fin de contribuir a la sustentabilidad del sector y a la protección de los recursos hidrobiológicos y su medio ambiente. De esta forma, SERNAPESCA es el órgano fiscalizador de las normas pesqueras y de protección de los recursos hidrobiológicos.

La referida institución pesquera, junto con la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura, fueron creadas por D.L. N° 2.442, del 29 de Diciembre de 1978, la cual modificó radicalmente la institucionalidad pública pesquera que existía hasta antes de esa fecha.

Posteriormente, como respuesta a las ya comentadas modificaciones de la Ley General de Pesca y Acuicultura, SERNAPESCA debió reestructurar su organización, con el objeto de hacer frente a los nuevos desafíos ambientales y las exigencias de un comercio internacional dinámico y globalizado, de manera que, actualmente, contribuye a la sustentabilidad del sector y a la protección de los recursos hidrobiológicos y su medio ambiente, a través de una fiscalización integral y gestión sanitaria que influye en el comportamiento sectorial promoviendo el cumplimiento de las normas.

De esta forma, SERNAPESCA actualmente desempeña sus funciones legales, en orden a fiscalizar la pesca extractiva (artesanal e industrial), la pesca recreativa, la acuicultura, el comercio exterior de recursos hidrobiológicos, efectuar difusión de las normas pesqueras y de acuicultura, efectuar la vigilancia epidemiológica de manera oficial, efectuar vigilancia ambiental cuando se vean afectados los recursos hidrobiológicos y apoyar a la SUBPESCA en la gestión normativa.

La Superintendencia de Servicios Sanitarios, también conocida por sus siglas como "SISS", es otro organismo de la administración del Estado que tiene competencias en la gestión ambiental del borde costero y de los ecosistemas marinos. Esta institución, la cual es funcionalmente descentralizada, con personalidad jurídica y patrimonio propio, está sujeto a la supervigilancia del Presidente de la República, a través del Ministerio de Obras Públicas⁴⁰⁴, y es la sucesora legal del antiguo Servicio Nacional de Obras Sanitarias (SENDOS). Sus funciones sustantivas, se enfocan al control de las empresas concesionarias sanitarias y, por consiguiente, en la gestión de los residuos industriales líquidos (RILes).

Para esto, la SISS posee competencias para proponer normas técnicas relativas al diseño, construcción y explotación de las descargas de los residuos industriales líquidos y velar por el cumplimiento por parte de los entes fiscalizadores, de las disposiciones legales y reglamentarias, normas técnicas, instrucciones, órdenes y resoluciones que dicte relativas a la prestación de servicios sanitarios y descargas de los referidos residuos líquidos, entre otros, a los cuerpos de agua marinos.

Entre los cuerpos normativos, por cuyo cumplimiento la SISS se le encomienda velar, destaca especialmente la Ley N° 3.133 de 1916, sobre neutralización de los residuos provenientes de establecimientos industriales y sus Reglamentos⁴⁰⁵.

Al respecto, es jurídicamente correcto afirmar que la citada la Ley N° 3.133, constituye el cuerpo normativo más antiguo en Chile⁴⁰⁶, que regula este tipo materia y que se mantuvo en ejercicio durante casi un siglo (hasta 1982), en cuyo artículo 1° dispone que "Los establecimientos industriales, sean mineros, metalúrgicos, fabriles o de cualquier otra especie, no podrán vaciar en los acueductos, cauces artificiales o naturales, que conduzcan aguas o en vertientes, lagos, lagunas o depósitos, los residuos líquidos de su funcionamiento, que contengan sustancias nocivas a la bebida o al riego, sin previa neutralización o depuración de tales residuos por medio de un sistema adecuado".

6.3.3 Normas de protección de los recursos y la contaminación del medio marino

Es preciso reconocer que el resguardo de las zonas costeras ha estado íntimamente ligado a los procesos regulatorios asociados al control de la contaminación marina, lo que los especialistas han denominado Derecho Ambiental Marítimo.

La preocupación por la protección y preservación de los ecosistemas marinos es en la actualidad un problema de orden mundial, dado que se reconoce que más de las dos terceras partes del planeta están cubiertas por mares y océanos; y que éstos constituyen el principal factor que modela el comportamiento de importantes procesos en nuestro planeta, tal como el cambio climático a mediano y largo plazo; así como también, su decisivo y esencial papel en la regulación de la temperatura y el clima de la Tierra.

404 Véase Ley N° 18.902 de Enero de 1989.

405 Véase Ley N° 3.133, publicada en el Diario Oficial del día 7 de septiembre de 1916

406 Véase Herrera, M. 2002. El Problema de los Residuos Líquidos Urbanos en Chile: Aspectos Jurídicos y Científico-Técnicos que Influyen en su Solución y Control. En Libro de Resumen de las VI Jornadas de Derecho del Medio Ambiente. Universidad Externado de Colombia, Bogotá, Colombia.

Además, es reconocido que la problemática general de la preservación del medio ambiente, y en especial el medio marino, desemboca inevitablemente en cuestiones de valores y, por ende, de elección. Entraña así, en último término, un problema cultural, cuya solución debe buscarse en el campo de la educación y, principalmente, en la educación ambiental.

Sin embargo, la historia ha evidenciado que los problemas relacionados con la preservación del medio marino, no han logrado ser solucionados en el sólo campo de la educación. Al margen de las múltiples cuestiones de orden científico y técnico que encierra el dinamismo y gran número de proceso involucrados en este medio, existe un nivel de solución que necesaria e insustituiblemente debe ser asumido en el campo del Derecho, ya que sólo la fuerza coactiva de éste puede ser capaz de imponer un orden de conductas que traiga equilibrio y logre coincidir los intereses particulares de personas naturales y jurídicas, con aquellos intereses del planeta, promoviendo su conservación y el acrecentamiento de este patrimonio ambiental.

La historia ha demostrado que, la preservación del medio marino y de sus recursos ha representado, en el fondo, una norma imperativa de derecho internacional o de ius cogens; ello explica que, en la actualidad, se incluya como norma obligatoria en convenios, acuerdos y declaraciones internacionales, así como en disposiciones constitucionales y leyes especiales sobre la materia.

Muchos son los autores que señalan que, si bien es cierto que, los orígenes y el análisis sobre la problemática ambiental se remontan a la Roma antigua, suelen aceptar que ésta, como problema de gran dimensión, sólo se reconoce en la década de los 70's. Sin embargo, es injusto dejar de admitir que la preocupación internacional sobre los aspectos en materia de protección del medio marino, ya se venía discutiendo con mucha anterioridad a la aparición del llamado derecho del medio ambiente o derecho ambiental en los recién mencionados 70's.

El elemento precursor, en este sentido, fue la existencia del problema de la contaminación originada por hidrocarburos, lo cual era admitido antes de la Primera Guerra Mundial como resultado de la dimensión global de aquellas consecuencias originadas por la expansión del transporte marítimo desde comienzos del siglo XX.

Los primero que intentaron obtener un acuerdo internacional en materias tendientes a combatir la contaminación por hidrocarburos fueron los Estados Unidos de Norteamérica (EE.UU.) y, posteriormente, la Liga de Naciones. Incluso, hoy en día, muy pocos son los países han intentado innovar en otras regulaciones legales que no sean las de dicha problemática.

Así, en 1926, en Washington D.C., EE.UU., la Conferencia Marítima Internacional decidió adoptar el 1er Convenio Internacional Relativo a la Contaminación por Petróleo. Sin embargo, las soluciones que dicho instrumento aportaba a la solución del problema, no prosperaron en un acuerdo definitivo, por lo que este tratado fracasó al no ser ratificado por ninguna nación.

Con el transcurso de los años veinte y treinta, varias naciones introdujeron sus propias medidas e impusieron multas para evitar las descargas de hidrocarburos a sus aguas territoriales, pero en ningún caso éstas se internacionalizaron. En tal sentido, fue el Reino Unido, quien le cupo un papel preponderante en el desarrollo de varios acuerdos que prosperaron a nivel internacional y que dijeron relación con la seguridad marítima y la prevención de la contaminación, como por ejemplo el Convenio Internacional sobre Seguridad de la Vida Humana en el Mar, de 1920 y 1948, el Convenio Internacional sobre Líneas de Carga, de 1920, y el Convenio Internacional para Prevenir la Contaminación de las Aguas del Mar por Hidrocarburo, de 1954 (el cual fue posteriormente enmendado en 1962 y en 1969 (OILPOL 54/69)

Durante la Segunda Guerra Mundial, el problema de la contaminación generada por los derrames de hidrocarburo fue muy recurrente, en particular en las costas del Océano Atlántico, debido a los resultados directos de aquellos buques que eran hundidos o dañados por la acción de la guerra.

Una vez concluida la Segunda Guerra Mundial, las Naciones Unidas reconocieron la necesidad de crear una agencia especializada dedicada exclusivamente a temas marítimos. Consecuente con ello, en el año 1948 se convocó a la Conferencia Marítima de la Naciones Unidas en Ginebra, donde se aprobó la Convención sobre la Organización Marítima Internacional (OMI). A través de este acuerdo, que entró en vigor en el año 1958, se creó oficialmente la OMI, estableciendo como sus objetivos principales, el servir de mecanismo de cooperación entre los gobiernos en el campo de los aspectos técnicos de las actividades derivadas del transporte marítimo internacional, promover la adopción de convenios internacionales que establezcan los más altos estándares prácticos en materias de seguridad marítima, eficiencia de la navegación y prevención y control de la contaminación marina por buques; así como también, tratar los aspectos legales derivados de dichas temáticas.

La contaminación originada por las consecuencias de las dos Guerras Mundiales se sumó a las observadas por las operaciones ordinarias que llevaban a cabo los buques tanques, lo cual condujo a que a mediados del siglo XX se desencadenara una creciente inquietud justificada a lo largo de la mayor parte de los países costeros de Europa.

Ya en aquella época era común que los buques tanques, que navegaban sin carga, vertieran directamente al mar sus residuos líquidos originados por el lavado de los estanques y el lastre de agua de mar, el cual se empleaba con el fin de otorgarle una mayor estiba a la nave. Estos residuos, al entrar en contacto con las paredes y fondo de los estanques de combustibles los contaminaban, lo que provocaba daños sobre los ecosistemas más vulnerables y que contaban con una mayor importancia económica en aquellos años.

El primer paso importante en materia del control internacional de esta contaminación marina, se dio en el año 1954, cuando una conferencia internacional realizada en Londres, Inglaterra, decidió adoptar el Convenio Internacional para Prevenir la Contaminación de las Aguas del Mar por Hidrocarburos, conocida como OILPOL/54. La principal ventaja que promovía este Convenio, fue el generar un área de protección especial para aquellas aguas marinas cercanas a las zonas costeras frente a las acciones de contaminación derivadas del vertimiento de hidrocarburos. Dicho objetivo, se logró a través del establecimiento de “zonas prohibidas”, las cuales se extendían desde una distancia mínima de 50 millas náuticas (unos 100 km. aproximadamente) de la línea de costa más cercana, o a 100 millas náuticas para los casos del Mar Mediterráneo, Mar Rojo, Australia, entre otros, en cuya área estaba absolutamente prohibido la descarga directa de hidrocarburos o mezclas oleosas (sustancias con un contenido de hidrocarburos igual o superior a 100 partes por millón).

Mientras tanto, en Sudamérica se llevaban a cabo diversas conferencias en materia de Derecho Ambiental Marítimo, entre las cuales se destacó la realizada en Santiago de Chile, el 18 de agosto de 1952, donde se logró suscribir el primer acuerdo regional que permitió a los Estados contratantes a declarar su Zona Económica Exclusiva de 200 millas náuticas (“Declaración de Santiago”). Además, en la misma ocasión, se creó la Comisión Permanente del Pacífico Sur (CPPS), organismo intergubernamental con personalidad jurídica de derecho internacional, destinado a coordinar, fortalecer y cooperar en investigaciones, adoptar acciones y participar en la creación de políticas regionales para desarrollo del derecho del mar, la protección del medio marino y sus recursos.

Inicialmente, la Comisión Permanente del Pacífico Sur (CPPS) estuvo compuesta por los Gobiernos de Ecuador, Perú y Chile, quienes suscribieron y ratificaron el convenio, el mismo 18 de agosto de 1952. Posteriormente, el Gobierno de Colombia se adhirió a dicho sistema, en virtud al convenio de incorporación suscrito en Quito el 9 de agosto de 1979.

Los primeros esfuerzos de la CPPS, destinados a resaltar en distintos instrumentos internacionales su preocupación por la protección del medio marino contra la contaminación, se remontan a las reuniones ordinarias sostenidas en Paracas, durante los años 1966 y 1968, donde se adoptaron los Acuerdos XII y IV, respectivamente.

En Febrero de 1957, la Asamblea General de las Naciones Unidas, a través de su Resolución 1105 (XI), convocó a una conferencia internacional de plenipotenciarios sobre el derecho del mar, la cual se efectuó en Ginebra, Suiza, entre Febrero y Abril de 1958. Fruto de esta reunión, se suscribieron cuatro convenciones, entre las cuales se destacan la Convención sobre Alta Mar y la Convención sobre Plataforma Continental⁴⁰⁷.

La virtud de la Convención sobre Alta Mar, radicó en que permitió ampliar el concepto de fuente generadora de contaminación marina, que era manejado en aquella época. De esta forma, ya no sólo se hablaría de las fuentes procedentes de los hidrocarburos, sino que ahora se incluía, también, aquellas provenientes de desperdicios radioactivos y de la explotación y exploración del subsuelo marino. Por lo tanto, la convención dispuso que era obligación de los Estados contratantes prevenir la contaminación de las aguas jurisdiccionales de otros países, producto a derrames de hidrocarburos o de sustancias radiactivas que se hubieran originado en su propio mar territorial; así como también, aquellas procedentes de las operaciones de sus buques y/o tuberías en alta mar, por la operación de instalaciones y estructuras localizadas en la plataforma continental.

A su vez, la Convención sobre Plataforma Continental permitió ampliar las garantías que eran reconocidas para los Estados costeros, al señalar que “un Estado ribereño podrá ejercer derechos de soberanía sobre la plataforma continental a los efectos de su exploración y de la explotación de sus recursos naturales”; aclarando que, dichos derechos, son exclusivos de los Estados costeros e independientes a su ocupación real o ficticia.

Asimismo, esta Convención, potenció el interés particular que obraba en los Estado ribereño para proteger sus recursos vivos, fuera de su mar territorial, para lo cual incluyó la capacidad de declarar zonas de seguridad que sólo el Estado ribereño podría establecer alrededor de las áreas de exploración o explotación, protegiéndose de este modo a los recursos vivos de mar contra posibles “agentes nocivos”⁴⁰⁸.

Sin perjuicio de lo anteriormente expuesto, esta 1era Convención sobre Derechos del Mar, de Ginebra 1958; así como también, aquella que se efectuó posteriormente en 1960, tuvieron una mayor trascendencia de la que se esperaba originalmente. En tal sentido, el requerimiento estipulado en este acuerdo, con el propósito de evitar la contaminación marina originada por actividades de

407 Véase Ferrero, Eduardo. 1987. Evolución del Derecho del Mar. Panorama sobre le Drecho del Mar, editado por la Marina de Guerra del Perú. Lima.

408 Véase, Op. Cit. N°75

radioactividad (artículo 25° de la Convención de Alta Mar), sirvió de base para que se incluyera en el artículo V del Tratado Antártico, firmado en Washington D.C., EE.UU., el 1° de diciembre de 1959, en el que se prohíbe efectuar explosiones nucleares y eliminar este tipo de desechos en la Antártica; y, posteriormente, en la Convención de Moscú sobre Prohibición de Ensayos Nucleares de 1963, la cual estableció la prohibición de realizar explosiones que contaminen más allá de sus fronteras.⁴⁰⁹

Mientras tanto, en el año 1957 y bajo el auspicio del Gobierno de Bélgica, se firmaba el primer convenio intergubernamental en materia de indemnizaciones y responsabilidades legales por derrames de hidrocarburos provenientes de buques en alta mar (Convenio Internacional relacionado con la Limitación de la Responsabilidad Legal de los Armadores de Buques en Alta Mar, de 1957), el cual sentó las bases de la responsabilidad civil por la contaminación del mar por hidrocarburos y los sistemas que garantizarían la indemnización en el campo internacional.

Después de la creación de la OMI, en 1958, y mediante una serie de preparativos que comenzaron con la Conferencia de Copenhague de 1959, se celebró la Conferencia Internacional de Londres de 1962, el cual enmendó el contenido del Convenio OILPOL/54 incluyendo importantes aspectos en materias de definiciones, intercambio de información y procedimientos legales por contravenciones; así como además, procedimientos para hacerse partes en el convenio, procedimientos de enmiendas, territorio bajo jurisdicción de las Naciones Unidas, zonas prohibidas y registros de hidrocarburos.

Luego, con la firma del Convenio Europeo sobre Prevención de la Contaminación por Hidrocarburos de 1967, entre Dinamarca, Finlandia, Noruega y Suiza, se consolidó en esta región la preocupación de que “la preservación del medio ambiente exige el control de las fuentes de contaminación más allá del territorio nacional y del mar territorial”⁴¹⁰.

Posteriormente, en el año 1969, la OMI decidió enmendar nuevamente el Convenio OILPOL54 (OILPOL 54/69), perfeccionando las medidas que había establecido a las operaciones de los buques tanques, a través de la introducción del sistema llamado “carga sobre residuos” e incluyendo la prohibición absoluta para que las naves efectuaran descargas de hidrocarburos, a excepción de los siguientes casos:

- Cuando el volumen total de descarga desde un buque tanque, en viaje con lastre, no exceda 1/15.000 de su capacidad total de carga.
- Cuando la tasa instantánea de descarga desde la nave no exceda de 60 litros por milla náutica navegada
- Cuando la descarga desde la nave se efectúe a más de 50 millas náuticas (100 Km aprox.) de la línea de costa más próxima.

Un aporte importante de la enmienda de 1969 al Convenio OILPOL 54, constituyó la exigencia para que toda nave lleve a bordo un Libro Registro de Hidrocarburos. En este texto, se debe anotar todas operaciones que diga relación con la manipulación de hidrocarburos a bordo de las naves, tales como la carga de lastre (lastrado), descarga de lastre (deslastrado), limpieza de estanques de combustibles, descarga de sentina (mezclas oleosas), carga de combustible (rancho de combustible) y carga de lubricantes, entre otras. Además, a esta exigencia, se sumó la obligación para los todos Estados firmantes estipularan procedimientos de control y cumplimiento de las exigencias señaladas en este Convenio.

El Convenio OILPOL 54/69, entró en vigor definitivamente el 20 de diciembre de 1978, y unos 70 Estados fueron partes de él.

Trascendental fue el accidente del Buque Tanque “Torrey Canyon”, ocurrido el 18 de marzo de 1967 en las costas del sudoeste de Inglaterra, ya que hizo evidente para la comunidad mundial la existencia de una serie de vacíos legales en los esquemas internacionales; en particular, en materias de responsabilidad civil e indemnización por daños producidos por la contaminación marina. Por lo cual, este hecho, provocó una serie de reacciones en el seno del Comité Jurídico de la Organización Marítima Internacional (OMI) que, finalmente, culminaron con que, en 1969, se convocara en Bruselas, Bélgica, a la más importante conferencia internacional sobre esta materia, de la cual nacieron los siguientes acuerdos:

- El Convenio Internacional Relativo a la Intervención en Alta Mar en Casos de Accidente que Causen una Contaminación por Hidrocarburos” (INTERVENTION CONVENTION 69), el cual permite que los Estados partes puedan adoptar acciones tendientes a prevenir, mitigar o eliminar todo peligro grave o inminente contra su litoral o intereses conexos, debido a la amenaza de contaminación de sus aguas marinas por la acción de hidrocarburos. Sin embargo, esta intervención sólo puede ser ejercida cuando la acción contaminante haya sido originada por un accidente marítimo u otro acto que esté relacionado con éste y de cuyos hechos puedan desprenderse consecuencias de gran magnitud.
- El Convenio Internacional sobre Responsabilidad Civil por Daños Causados por la Contaminación de las Aguas del

409 Véase Uribe, Carmen. 1989. Regulación jurídica de la Protección del Medio Ambiente Marino contra la Contaminación. Lima

410 Véase, Op. Cit. N°75.

Mar por Hidrocarburos (CLC/69), este convenio representó un cambio significativo para el tradicional sistema de responsabilidad que se llevaba a cabo hasta esa fecha y que se basaba en la necesidad de probar culpa o negligencia de un supuesto hecho de contaminación marina; debido que, a través de él, se estableció un nuevo sistema de responsabilidad estricta y definida del propietario del buque, al cual se estaba juzgando, mediante tres pilares fundamentales:

- El establecimiento de una responsabilidad objetiva del propietario del buque que causa la contaminación.
- La fijación de la posibilidad para que el propietario de un buque que ha efectuado una contaminación, se ampare en una limitación de su responsabilidad traducida en sumas fijas.
- La determinación de la obligación para que los buques que se dedican al transporte de hidrocarburos persistentes posean un seguro o garantía financiera suficiente para amparar a las víctimas de posibles daños por contaminación.

Con la consagración de una responsabilidad objetiva o del riesgo creado, el Convenio CLC/69 permitió que quien sufriera el daño derivado de una contaminación por hidrocarburos persistentes desde cualquier tipo de buque, no tenga la obligación de probar la culpa, negligencia o dolo del agente (propietario del buque), ya que sólo basta establecer que exista un derrame o descarga accidental este tipo de sustancias, en el territorio marítimo de algún Estado parte, para que se configure la responsabilidad civil. De esta manera, esta culpa fue reemplazada por la reparación efectiva y por ello se comenzó a hablar de una responsabilidad sin culpa o responsabilidad por riesgo creado (en vez de la responsabilidad subjetiva o basada en la prueba de dicha culpa)

Sin embargo, este carácter objetivo limitó el accionar del convenio al circunscribir la responsabilidad civil sólo a la acción de descarga de hidrocarburos persistentes (crudos, full oil, aceite diesel, aceite lubricantes, entre otros), dejando fuera aquellos considerados como no persistente (kerosene, gasolina, aceite diesel liviano, entre otros). Asimismo, estipuló su aplicabilidad sólo a determinados tipos de buques, dejando fuera a las naves de guerra, de pasajeros o que transporten carga seca o que efectúen un viaje con lastre.

Asociado a la naturaleza de un sistema de responsabilidad objetiva, el Convenio CLC/69 incluyó una serie de causales de exoneración de responsabilidad, basada en circunstancias que fueron consideradas fuera del alcance operacional del propietario de la nave que produjo la contaminación, entre las cuales se pueden mencionar:

- Consecuencias de un acto de guerra, hostilidad, guerra civil, insurrección o de un fenómeno natural de carácter excepcional, inevitable e irresistible.
- Causado por una acción u omisión intencional de un tercero.
- Debido a una negligencia y/o otro acto lesivo de cualquier Gobierno o Autoridad responsable del mantenimiento de luces u otras ayudas a la navegación en el ejercicio de estas funciones (faros y balizas)

Una propiedad importante que otorga este Convenio, con el objeto de minimizar la rigidez que representa la aplicación de la responsabilidad objetiva y, por lo tanto, evitar la posible quiebra de la compañía naviera afectada, es el establecimiento de un sistema de limitaciones a la responsabilidad, traducidas en montos fijos. Así, todo propietario de un buque matriculado en cualquiera de los Estados miembros del Tratado, y que transporte una carga superior a 2.000 toneladas de hidrocarburos a granel, puede limitar su presunta responsabilidad a 2.000 Francos por tonelada de arqueo por buque, sin exceder nunca los 200 millones de Francos.

- El Acuerdo Voluntario de los Armadores de Buques Tanque sobre Responsabilidad por Contaminación por Hidrocarburos (TOVALOP 69 o Tank Owners voluntary agreement concerning Liability for Oil Pollution), el cual representó un acuerdo voluntario entre armadores o propietarios de los buques-tanques dedicados al transporte de hidrocarburos y sus derivados, el cual fue concebido originalmente como una medida provisoria, hasta que fuera suscrito y entrado en vigor un Tratado Internacional sobre Responsabilidad Civil. Sin embargo, el Acuerdo TOVALOP se mantuvo vigente aún después de la suscripción del Convenio CLC/69.

El Acuerdo TOVALOP/69 estipuló que los dueños de los buques-tanques, y aquellas empresas que arriendan este tipo de naves, deben responder civilmente por los daños causados por la contaminación derivada de escapes o derrames de hidrocarburos de buques en las aguas sometidas a la jurisdicción nacional de cualquier Estado. Este acuerdo consagra, al igual que el Convenio Internacional sobre Responsabilidad Civil (CLC/69), una responsabilidad objetiva que sólo puede ser desvirtuada a través de la comprobación de las causales de exoneración previstas por el mismo Acuerdo y, a través del cual, le permite a los propietarios y arrendadores de buques-tanques limitar los montos de su responsabilidad.

Desde el punto de vista operativo, el Acuerdo TOVALOP/69 posee un campo de aplicación más amplio que el CLC/69, e incluso cubre indemnizaciones que para aquellos casos que exonera el CLC/69, como aquellos derrames de hidrocarburos procedentes de naves

sin cargas. Además, posee la capacidad de ser modificado libremente a voluntad de cualquiera de sus miembros. Sin embargo, el hecho que represente sólo un acuerdo internacional entre particulares, impide que los Estados puedan imponer instrumentos legales destinados a obligar el cumplimiento de los compromisos legales establecidos en él.

Con el transcurso del tiempo, los límites de responsabilidad impuestos por el Convenio Internacional sobre Responsabilidad Civil de 1969 (CLC/69), resultaron insuficientes para cubrir los daños generados por las contaminaciones marinas a raíz de algunos siniestros marítimos; tal del Amoco Cadis (1971), cuyas sumas de indemnizaciones ascendieron U\$ 2 billones, por lo que en el año 1971 nace en Bruselas El Convenio sobre Constitución de un Fondo Internacional de Indemnización de Daños Causados por la Contaminación de Hidrocarburos, del cual se hablará más adelante.

Regionalmente, durante el mismo año 1969, se firmaba en Bond, Francia, el “Acuerdo de Cooperación para Combatir la Contaminación del Mar del Norte por Hidrocarburos (Acuerdo de Bond/69), el cual entró en vigor el mismo año e incluyó los conceptos que se habían establecido en los Convenios CLC/69 e INTERVENTION/69.

Con el transcurrir de un par de años, los dueños de las empresas navieras y aquellas compañías que transportaban petróleo en buques tanques volvieron a discutir los alcances del Acuerdo TOVALOP/69, lo cual propició para que en el año 1971 se firmara otro acuerdo o contrato voluntario de carácter interino entre ellos, denominado Contract Regarding an Interim Supplement to Tanker Liability for Oil Pollution o CRISTAL/71. Dicho acuerdo, representó un fondo adicional al propuesto por el TOVALOP/69 y permitió que cualquier empresa petrolera o sus afiliados, aquellas involucradas en su producción, refinación, comercialización, almacenamiento, mercadeo o explotación, puedan responder hasta por una suma de U\$36.000, incluidos los montos que se hayan cancelado por conceptos de otras fuentes.

Según los mecanismos y condiciones establecidas por el Convenio CRISTAL/71, las víctimas de un siniestro por contaminación de hidrocarburos, debían presentar su reclamación ante el CRISTAL Ltd., dentro de los dos años siguientes al siniestro, de lo contrario corrían el riesgo de no lograr ninguna indemnización. Una vez recibida la reclamación, se procedía a establecer lo siguiente:

- Si el caso correspondía a un derrame o fuga de hidrocarburos persistentes procedentes de un buque de altura o de cualquier embarcación diseñada para el transporte de hidrocarburos a granel; y,
- Si el siniestro dio origen a un peligro grave o inminente de contaminación.

Para que se aceptara una reclamación, CRISTAL/71 establecía que era indispensable probar que el reclamante incurrió en gastos financieros reales y que éstos estaban directamente relacionados con la contaminación causada por el incidente o siniestro. El Convenio CRISTAL/71 sólo tuvo una vigencia hasta el 20 de febrero de 1992.

Hasta los comienzos de la década de los 70's, la contaminación marina por otras sustancias distintas a los hidrocarburos, no había atraído la atención internacional, a pesar que sus consecuencias sobre los ecosistemas marinos y litorales eran bastante conocidas e investigadas. Sin embargo, la lucha por la preservación del medio marino internacional, ya estaba inserta en las decisiones intergubernamentales desde hacía bastante tiempo y, con ello, la comunidad internacional había formado una conciencia de los efectos que provocaba el vertimiento al mar de las sustancias diferentes a los hidrocarburos.

En Diciembre de 1970, la Asamblea General de las Naciones Unidas, mediante su Resolución Nº 2749, aprobó la Declaración de Principios que Regulan los Fondos Marinos y Oceánicos y su Subsuelo fuera de los Límites de la Jurisdicción Nacional”, en el cual se nombró como “Patrimonio Común de la Humanidad” a los fondos marinos y oceánicos y sus subsuelos, ubicados fuera de las jurisdicciones nacionales, incluyendo en ella todos los recursos existentes. Y, obligó a los Estados miembros a proteger y conservar los recursos naturales, previniendo los daños que se pudieran ocasionar sobre la flora y fauna marina; así como también, el deber de colaborar con Estados, con el fin de impedir la contaminación, impurificación, perturbación del equilibrio ecológico y otros riesgos que pudieran afectar estos ecosistemas marinos.

Dichos principios representaron una la guía que aún es aplicado en el actual régimen internacional de dicha zona. Además, consagró el derecho de los Estados costeros a imponer medidas tendientes a prevenir, mitigar o eliminar cualquier tipo de peligro grave e inminentes que pudiera afectar a sus costas e intereses conexos, derivados de la contaminación originada en zona fuera de los límites jurisdiccionales o, también, de otros efectos peligrosos que pudieran generarse producto de actividades realizadas en ella.

Conforme fue planteado en el capítulo anterior, de aquellos vacíos dejados por el Convenio sobre Responsabilidad Civil de 1969 (CLC/69), nació en el año 1971 el Convenio Internacional sobre la Constitución de un Fondo Internacional de Indemnizaciones de Daños Causados por la Contaminación de Hidrocarburos, el cual creó a un organismo intergubernamental que recibió el mismo nombre (Fondo Internacional de Indemnizaciones de Daños Causados por la Contaminación de Hidrocarburos) Este organismo, que finalmente fue creado en 1978, permitió garantizar una adecuada indemnización a las víctimas de perjuicios por contaminación que,

en virtud del Convenio sobre Responsabilidad Civil de 1969 (CLC/69), no hubieran podido obtener el resarcimiento total o parcial de sus daños. Además, estableció la posibilidad de exonerar parcialmente de los gravámenes financieros adicionales impuestos por citado CLC/69, a aquellos armadores cuyas naves den cumplimiento con las normas de seguridad y prevención de la contaminación especificada en ciertos convenios internacionales.

Posteriormente, en el año 1976, se suscribió el Protocolo correspondiente al Convenio Internacional sobre la Constitución de un Fondo de Indemnizaciones de Daños Causados por Contaminación de Hidrocarburos, de 1971, el cual permitió modificar las cuantías de los daños señalados por el Convenio de 1971⁴¹¹.

Durante el mismo año 1971, en Bruselas, Bélgica, se firmó el Convenio Internacional relativo a la Responsabilidad Civil en la esfera del Transporte Marítimo de Materiales Nucleares. Con ello, se permitió reconocer que el transporte de este tipo de material era susceptible de poner en peligro la salud del mar y demostró, a la vez, la resistencia que existía en la industria de seguros marítimos para aceptar las disposiciones de responsabilidad en ésta área. Además, a través de este instrumento, se intentó resolver las dificultades de la aplicación simultánea, tanto a los operadores de las instalaciones nucleares de origen como a aquellos donde se transportaban estos productos, de los diversos convenios relativos a la responsabilidad nacida de accidentes nucleares.

Asimismo, en este mismo año, Irán, se desarrollaba La Convención Relativa a los Humedales de Importancia Internacional especialmente como Hábitat de Aves Acuáticas, comúnmente referida como la Convención sobre los Humedales o la Convención de Ramsar, por el nombre de la ciudad en que fue adoptada, es quizás el primer tratado moderno de carácter intergubernamental sobre conservación y uso racional de los recursos naturales. Una de las motivaciones originales para el establecimiento de este Convención fue la preocupación que tomó auge a principios de la década de los 60's acerca de la seria disminución de la poblaciones de aves acuáticas y sus hábitat, de ahí la expresión "especialmente como hábitat de aves acuáticas" en el título de la esta Convención. Sin perjuicio de ello, con el transcurrir de los años, dicha Convención ha ampliado su preocupación original a todos los aspectos referidos al uso racional y conservación de los humedales, considerados en su definición a los humedales marinos (costas rocosas y arrecifes de coral), humedales estuarinos (deltas, marismas de marea y pantanos de manglar), humedales lacustres, asociados a ríos y arroyos, y los palustres (en el que se incluyen las ciénagas y los pantanos). La Convención de Ramsar entró en vigor en el año 1975 y en noviembre de 1996 contaba con 96 Partes Contratantes repartidas en el mundo⁴¹².

En Junio de 1972, el impacto de la deterioración del medio ambiente condujo a que las Naciones Unidas convocaran a su Conferencia sobre el Medio Humano, que se celebró en Estocolmo, Suecia, entre el 5 y el 16 de junio del mismo año. En ella, por primera vez, todos los aspectos ambientales fueron analizados en extenso en una reunión internacional, lográndose adoptar una Declaración del Medio Humano y su Plan de Acción Mundial (Declaración de Estocolmo 1972). En su Principio, se consagra expresamente el derecho a un ambiente sano, al proclamar que "El hombre tiene el derecho fundamental a la libertad, a la igualdad y a las condiciones de vidas adecuadas, en un ambiente cuya calidad le permita una vida en dignidad y bienestar, y tiene la solemne responsabilidad de protegerlo y mejorarlo para las presentes y futuras generaciones"

Seis meses más tarde, la Asamblea General de las Naciones Unidas aprobaba las Resoluciones Nº 2.994 y Nº 2.997, las cuales resaltaron la importancia de la Convención de Estocolmo y remitió el Plan de Acción de la Administración de ésta al recién creado Consejo de Administración y la Secretaría del Medio Ambiente, el cual es la base del actual Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA)

Por otro lado, durante el mismo año 1972, se firmó el Convenio sobre Prevención de la Contaminación Marina por Vertimientos desde Buques y Aeronaves u Oslo Dumping Convention, 1972, el cual impuso estrictas normas a las prácticas de vertimientos en el Atlántico Noreste, el Océano Ártico y el Mar del Norte, y constituyó en estricto el primer instrumento internacional sobre vertimientos de diferentes sustancias, que influyó sobre todos los acuerdo a la postre.

Para fines de 1972, la Conferencia de Estocolmo había conducido directamente al desarrollo de otra conferencia internacional, en el cual se logró adoptar uno de los convenios más importantes que actualmente se emplean para prevenir la contaminación marina por vertimiento de desechos, el que denominó Convenio sobre Prevención de la Contaminación del Mar por Vertimiento de Desechos y Otras Materias o London Convention 72 (LC/72). Este tratado entró en vigor en el año 1975 y permitió extender lo establecido inicialmente por la Convención de Oslo a escala internacional; es decir, limitó toda evacuación deliberada en el mar de diversos tipos de desechos generados en tierra, separando en tres categorías dichos desechos. En la primera categoría, se consideró a todos los compuestos orgánicos halogenados; así como también, al mercurio y sus compuestos, el cadmio y sus compuestos, los plásticos persistentes, el petróleo crudo, full oil, desechos u otras materias de alto nivel radiactivo, entre otras, los cuales su descarga al mar

411 Véase, Op. Cit. N°75.

412 Véase Davis, T.J., D. Blasco y M. Carbonell. 1996. Manual de la Convención de Ramsar. Edit. Por la Oficina de la Convención de Ramsar. Ministerios de Medio Ambiente, España.

está terminantemente prohibido, salvo aquellos Estados que se deseen realizar dentro de sus aguas interiores. Por el contrario, esta prohibición no es aplicable a las sustancias o elementos señalados en las restantes dos categorías, cuya autorización puede ser otorgado por cualquier Estado, mediante un permiso especial o general⁴¹³.

Un año después de adoptada la London Convention y bajo el auspicio de la Organización Marítima Internacional (OMI), se firmaron dos acuerdos de importancia mundial para el control de la contaminación marina, el Protocolo Relativo a la Intervención en Alta Mar en Casos de Contaminación del Mar por Sustancias Distintas de los Hidrocarburos y el Convenio Internacional para Prevenir la Contaminación del Mar por Buques o MARPOL/73. Este último, representó la última y definitiva enmienda que sufrió el Convenio OILPOL/54 y el primer acuerdo que permitió reglamentar la operación de vertimiento asociado con la normal operación de los buques. Además, de reforzar las reglamentaciones anteriores, el MARPOL 73 introdujo cinco anexos con medidas concretas para evitar la contaminación debido a hidrocarburos, por sustancias nocivas líquidas transportadas a granel, a raíz de sustancias perjudiciales transportadas por bultos, por vertimiento de aguas sucias y por basuras generadas a bordo, respectivamente.

El Convenio MARPOL 73, fue modificado posteriormente en el año 1978 (MARPOL 73/78), en el cual se incluyó una mejora de su Anexo I (medidas tendientes a evitar la contaminación por hidrocarburos) y, además, permitió que los Estados contratantes pudieran diferir la implementación del Anexo II, el cual contienen requerimientos para el control de más de 250 sustancias diferentes transportadas a granel, hasta un plazo de tres años posteriores a la entrada en vigor del protocolo.

Para fines de 1973, se llevó a cabo una nueva Conferencia sobre el Derecho del Mar denominado UNCLOS III, la cual fue concebida originalmente con el propósito de concebir un nuevo régimen legal para los recursos del lecho marino. Sin embargo, en el transcurso de su desarrollo, la organización de la Conferencia decidió cambiar la proyección de su objetivo, lo que concluyó finalmente en la necesidad de efectuar una completa revisión del Derecho del Mar. Sin perjuicio de ello, el UNCLOS III representó mucho más que un debate sobre el derecho del mar, fue la instancia que permitió un cambio radical para establecer una equidad para todos los usos que se estaba dando al océano y, como resultado de ello, la actividad naviera que hasta entonces era considerada como el principal factor de explotación de este sistema, perdió su hegemonía y pasó a ser uno de los muchos usos del océano.

En el año 1974, el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) dio inicio al Programa de Mares Regionales, el cual a la fecha participan más de 120 Estados ribereños bajo instrumentos internacionales propios para cada región. Posteriormente, entre los años 1974 y 1978, este Programa logró la adopción de un importante número de medidas tendientes a prevenir la contaminación del Mar del Norte, entre los que se destaca el Convenio sobre la Protección del Medio Ambiente entre Dinamarca, Finlandia, Noruega y Suecia o Convenio de Estocolmo, 1974, el cual fue ampliado posteriormente al área del Mar Báltico a través del Convenio de Helsinki 1974.

En 1975, la CPPS realizó la “Encuesta Internacional sobre Contaminación Marina en el Pacífico Sudeste”, la cual sentó la base de la Reunión Internacional de Trabajo sobre la Contaminación Marina en el Pacífico Sudeste, la cual se sostuvo en Santiago de Chile en el año 1978 y en el que señaló las bases técnicas y legales del actual Plan de Acción del Pacífico Sudeste.

Ya en el año 1976 y con la participación de casi todos los Estados ribereños del Mar Mediterráneo, se adoptó el Convenio para la Protección del Mediterráneo contra la Contaminación, el cual incluyó protocolos sobre vertimientos y medidas de emergencia en casos de contaminación por hidrocarburos y otras sustancias (lo actuales planes de contingencia ante derrames de petróleo y sus derivados) Después fue Kuwait, en 1978, quien adoptó un instrumento similar a los acordados en Europa. Estos convenios regionales, administrados por el PNUMA, obligan en cierta manera a que todos los Estados ribereños incluyan en su legislación nacional acciones decisivas en materia de penalización para aquellos que contaminen el mar y una serie de disposiciones de prevención.

Tal como se venía ocurriendo en otras regiones del mundo, en el año 1979, el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) aprobó un proyecto sobre el “Desarrollo de un Plan de Acción del Pacífico Sudeste”, el cual fue incluido posteriormente en el Programa de Mares Regionales del Plan Global del PNUMA. Este proyecto permitió que el 12 de noviembre de 1981, se celebrara en Lima, Perú, una Conferencia Plenipotenciaria de los Estados miembros de la CPPS, en el que se incluyó a Panamá, adoptándose el anhelado Plan de Acción y sus tres anexos:

- Convenio para la Protección del Medio Marino y la Zona Costera del Pacífico Sudeste, el cual destaca la necesidad de proteger y conservar los ecosistemas marinos y costeros de esta región contra todo tipo de contaminación proveniente de diversas fuentes, incluyendo la erosión de zonas costeras, la descarga de sustancias tóxicas, perjudiciales y nocivas y la contaminación derivada de la operación de buques;
-

413 Véase, Van Dyke, Jon. 1993. *International Governance and Stewardship of the marine Environment from Land-based Activities*. Intergovernmental Conference to Adopt a Global Programme of Action for the Protection of the Marine Environment from Land-based Activities: New York.

- Acuerdo sobre la Cooperación Regional para el Combate contra la Contaminación del Pacífico Sudeste por Hidrocarburos y Otras Sustancias Nocivas en casos de Emergencias, el cual fue modificado posteriormente a través de su protocolo de 1983, desarrolla los mecanismos para la cooperación regional en casos de derrames, la descripción del plan nacional de contingencias y programas de entrenamiento para mantener la más alta eficiencia de los principios generales señalados en la convención que le dio origen a este acuerdo; y,
- Dispositivos Institucionales y Financieros para la Ejecución del Plan de Acción en la región del Pacífico Sudeste.

Mientras tanto, en el seno de las Naciones Unidas, se llevaba a cabo una negociación con el propósito de adoptar la Convención de las Naciones Unidas sobre el Derecho del Mar; el cual, al final de nueve años (1982), se logró realizar al ser aprobado con votación favorable de la gran mayoría de los Estados miembros. La Convención Sobre el Derecho del Mar de 1982, significa un desarrollo progresivo del derecho internacional al delimitar el mar en cinco espacios claramente definidos⁴¹⁴, reconociendo como zonas de jurisdicción nacional el Mar Territorial de 12 millas náuticas, la Plataforma Continental y la Zona Económica Exclusiva de 200 millas náuticas. A éstas, se agregan el Alta Mar y la Zona Internacional de los Fondos Marinos.

Comparada con las Convención efectuada en Ginebra, en el año 1958, la Convención sobre el Derecho del Mar de 1982, innova en el Derecho Internacional del Mar al proveer un marco jurídico comprehensivo para el fomento y explotación racional de los océanos y sus recursos⁴¹⁵. Así, esta Convención destina 13 artículo, de sus 320 artículos y 8 anexos que contiene, a la conservación y manejo de los recursos marinos, incluyendo la conservación de especies, protección de hábitats y manejo de recursos vivos; además, impone la obligación a los Estados para que protejan y preserven el medio marino, al establecer el deber de no transferir los daños o peligros de un área a otra o transformar un tipo de contaminación en otra y prohibir que se apliquen tecnologías que permitan la introducción de especies extrañas al medio marino, las cuales se traduzcan en cambios significativos a la diversidad biológica de éstos⁴¹⁶.

Además, en esta Convención se incluyen obligaciones específicas con respecto a la contaminación por fuentes terrestres, actividades en el lecho del mar bajo áreas sujetas a las jurisdicciones nacionales, por desarrollo de recursos en las profundidades del lecho marino, por vertimiento de embarcaciones, por contaminación de embarcaciones y por contaminación proveniente de la atmósfera o a través de ella.

Una de las consecuencias inmediatas de la Convención sobre los Derechos del Mar de 1982, fue la aprobación del Protocolo para la Protección del Pacífico Sudeste contra la Contaminación proveniente de Fuentes Terrestres, firmado en Quito, Ecuador, el 22 de julio de 1983. En este instrumento contiene 21 artículos y tres anexos referidos a dicha fuente de contaminación. Entre los temas tratados por este convenio se encuentran: las fuentes de contaminación, las obligaciones generales, prácticas y procedimientos, cooperaciones entre las partes, los programas de vigilancia ambiental, el intercambio de información, cooperación científica y técnica, y las medidas de sanción que serán impuestas a los transgresores.

Ya en año 1989, en Paipa, Colombia, los estados miembros de la CPPS suscribieron el Protocolo para la Protección del Pacífico Sudeste contra la Contaminación Radiactiva, la cual entró en vigencia en los primeros meses de 1994. Este instrumento fue concebido a raíz de la creciente preocupación regional para prohibir los vertimientos y/o enterramiento de desechos radiactivos u otras sustancias en el mar y/o en el lecho marino, en él se establece la prohibición para verter este tipo de desechos, incluyendo la obligación de los Estados partes para que adopten medidas para que las actividades relacionadas con la radiactividad que se desarrollen bajo su jurisdicción, se realicen de manera tal que no causen perjuicios.

Además, en 1989, fue adoptada por la comunidad internacional el Convenio Internacional para el Control de los Movimientos Transfronterizos de Desechos Peligrosos y su Eliminación o Convenio de Basilea 1989. Este tratado, a juicio del programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), representa el primer paso en la definición de medidas de alcance global para reducir y controlar de una forma estricta el movimiento de desechos peligrosos y para asegurar que su disposición se realice de una forma ambiental, incluyendo el medio marino⁴¹⁷.

Después de veinte años de haberse celebrado la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Humano de 1972 (Conferencia de Estocolmo, 1972), las Naciones Unidas vuelve a realizar otra conferencia, ahora en Río de Janeiro y esta vez con un objetivo completamente diferente al de Estocolmo (mejoramiento del ambiente humano). Así, en Junio de 1992, se celebró la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y Desarrollo (UNCED) o Cumbre de la Tierra, en el que participaron 114 mandatarios del

414 Véase, Carrillo, Juan. 1992. Curso de Derecho Internacional Público. Introducción a su Estructura, Dinámica y Funciones. Ed. Tecnos: Madrid.

415 Véase, Beyerlin, Ulrich. 1995. New developments in the protection of the marine environment: Potential effects of the Rio process. Heidelberg Journal of International Law, editado por Verlag W. Kohlhammer.

416 Véase, Charney, Jonathan. 1994. The Marine Environment and the 1982 United Nations Convention on the Law of the Sea, in the International Lawyer, Vol. 24, N°4.

417 Véase, Informe de la Reunión de Expertos legales para analizar el Borrador del Protocolo sobre el Control en el pacífico Sudeste de los Movimientos Transfronterizos de los Desechos peligrosos y su Eliminación. Quito, Ecuador, 26-28 octubre de 1992.

mundo y 178 representantes de Estados. Esta Conferencia, se destacó por la trascendencia de las materias ambientales y de desarrollo, lo cual permitió la suscripción de cinco documentos principales⁴¹⁸:

- La Declaración de Principios de Río;
- La Convención sobre Cambio Climático;
- La Convención sobre Biodiversidad;
- La Agenda 21; y,
- Un grupo de principios sobre bosques⁴¹⁹.

En materia de prevención de la contaminación marina, la UNCED alcanzó una amplia convergencia de criterios respecto a la identificación de los principales problemas que aquejan actualmente los océanos y áreas costeras, así como de los principios que guiarán en el futuro una acción conjunta de los Estados e instituciones para enfrentar dichos desafíos.

Son muchos los estudiosos que señalan que la UNCED dio un impulso político adicional a la Convención de las Naciones Unidas sobre el Derecho del Mar, acelerando el proceso que determinó su entrada en vigor el 16 de noviembre de 1994⁴²⁰.

Por otro lado, las recomendaciones de la UNCED sobre el tema del manejo de océanos y costas enfatizan la interdependencia existente entre las variables terrestres y marinas, enfatizando la necesidad de lidiar con las fuentes terrestres de contaminación marina dentro de un contexto de manejo integrado de las costas. En este contexto, esta Convención dio paso al desarrollo de distintos foros de discusión sobre asuntos costeros y oceánicos, tales como las problemáticas del manejo integrado de costas, islas y sus fuentes terrestres de contaminación, permitiendo destacar el deseo por fortalecer arreglos regionales para enfatizar la adecuada administración de las zonas costeras y oceánicas; así como también, de los desafíos que enfrentan los Estados insulares.

Tanto la Declaración de Principios de Río como los demás acuerdos surgidos de la UNCED, no constituyen en sí documentos vinculantes. Sin embargo, los Estados que los aceptan, manifiestan su intención de formar parte del consenso internacional que se mueve en la dirección de una sociedad más sostenible⁴²¹. Un ejemplo ello, lo constituye lo señalado en la Agenda 21, en términos que en contrataste con otras áreas del planeta, donde la relación medio ambiente-desarrollo requiere medidas regulatorias para proteger los ya degradados hábitats, los océanos y las áreas costeras son en muchos casos, fuentes de incalculable posibilidades para el desarrollo de las naciones⁴²².

Burke (1993)⁴²³ es enfático al señalar que, en la Agenda 21, se destacan dos lineamientos que son muy importantes para tener en cuenta en relación con el Plan de Acción para el Pacífico Sudeste y sus diversos convenios:

- La búsqueda de aproximaciones integrales a los aspectos del medio marino y su prevención contra la contaminación; y,
- La promoción de acciones precautorias para el manejo marítimo y costero.

Al comparar los acuerdos del Plan de Acción Para el Pacífico Sudeste (CPPS) con los principios enumerados en la Declaración de Río, se puede observar que las principales acciones de los Estados, organizaciones y otras entidades señaladas en dichos convenios, tratan sobre relaciones de cooperación e integración. Así, en la Declaración de Río, se hace hincapié en la integración y la cooperación que debe existir a todo nivel entre los Estados para conservar, proteger y restaurar la integridad del medio ambiente⁴²⁴.

Además, en la agenda 21 se enfatiza la importancia de la Convención de las Naciones Unidas sobre el Derecho del Mar, de 1982, que provee la base normativa sostenible del medio marino y pesquero y sus recursos vivos.

418 Véase, Quarrie, Joyce, ed. 1992. *Earth Summit 1992. The United Nations Conference on Environment and Development*, Río de Janeiro 1992. The Regency Press Corporation: London.

419 Véase, Gabaldón, Arnoldo. 1992. *Perpectivas de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y el Desarrollo*, en El Perú, el Medio Ambiente y el Desarrollo. Editado por Eduardo Ferrero Costa. Centro Peruano de Estudios Internacionales: Lima.

420 Véase Artigas, Carmen. 1994. *El Desarrollo Sustentable de las Zonas Costeras y Marinas: de la Parte XII de la Convención de las Naciones Unidas sobre el Derecho del Mar al Capítulo 17 del Programa 21*, en Segunda Reunión Internacional de Expertos Legales sobre América Latina y la Convención de las Naciones Unidas sobre el Derecho del Mar. Comisión Permanente del Pacífico Sur: Lima.

421 Véase Cicin-Sain, Bilián y Robert W. Knecht. 1993. *Implications of the Earth Summit and Coastal Governance*, en "Ocean Development and International Law, Vol. 24, N°4.

422 Véase, Op. Cit. N°75.

423 Véase Burke, William T. 1993. *UNCED and the Oceans*, en *Marine Policy*. Vol. 17 N°6.

424 Véase, Keating, Michael. 1993. *The Earth Summit's Agenda for Change a Plain Language Version of agenda 21 and the other Rio Agreements*. Center for Our Common Future: New York.

Con respecto a las recomendaciones que se emanaron de la UNCED para las necesidades especiales de los Estados insulares en desarrollo, en Abril de 1974, la Asamblea General de las Naciones Unidas acordó efectuar una conferencia global sobre desarrollo sostenible de las naciones insulares (Estados-Isas). Sin embargo, previo a ello, se decidió efectuar dos conferencias técnicas de orden regional durante 1973, las cuales se realizaron en Vanuatu, para los océanos Indico y Pacífico, y en Trinidad y Tobago, para los océanos Atlántico, Caribe y Mediterráneo, respectivamente. Además, de una tercera reunión preparativa, efectuada en agosto de 1993, en la misma sede de las Naciones Unidas en Nueva York.

Otras de las consecuencias directas de la UNCED, fue la Convención para la Protección del Medio Marino en el Atlántico Noreste, de París 1992, el cual amplió el espectro de aplicaciones que habían sido establecidas en la Convención para la Prevención de la Contaminación Marina por Fuentes Terrestres o Convenio de París de 1974, adoptando el principio precautorio, el principio de “quien contamina paga” y los conceptos de las mejores técnicas a disposiciones y mejores prácticas ambientales, incluyendo la tecnología limpia⁴²⁵.

En la misma época, en Helsinki, Finlandia, se desarrollaba la Convención para la Protección del Medio Marino en el Bar Báltico, la cual incorpora en su artículo 3° los principios de precaución, el mejor de mejor práctica ambiental y mejor tecnología disponible, así como también, el principio de “quien contamina paga”. Además, incluye una serie de obligaciones, de las cuales se destaca el deber de los Estados contratantes para efectuar los mejores esfuerzos para asegurar que la Implementación de la Convención no produzca contaminación transfronteriza en áreas fuera del Mar Báltico.

Dos años más tarde, en 1994, los jefes de Estado y de Gobierno del Continente Americano se dieron cita en la Cumbre de las Américas, realizada en Miami, Florida, con el objeto de reconocer la necesidad de alcanzar un progreso real en el fortalecimiento de la democracia, fomentar el desarrollo, lograr la integración económica y el libre comercio, mejorar la vida de los pueblos y proteger el medio ambiente para las generaciones futuras (Plan de acción de la Cumbre de las Américas 1994)⁴²⁶.

En cuanto a la normativa nacional que se encuentra relacionada con la conservación de los recursos marinos, ésta ha sufrido notorios avances desde la aparición de la institucionalidad ambiental, en el año 1994. Sin embargo, es preciso recordar que la principal norma legal que ha venido a regular la explotación y conservación de los recursos marinos y dulceacuícolas ha sido la Ley General de Pesca y Acuicultura, incluyendo las distintas modificaciones que se ha sucedido hasta el año 2016⁴²⁷.

6.3.3.1 Ley General de Pesca y Acuicultura

La Ley General de Pesca y Acuicultura, promulgada por la Ley N°18.892⁴²⁸, tiene como uno de sus objetivos, “*la conservación y el uso sustentable de los recursos hidrobiológicos, mediante la aplicación del enfoque precautorio, de un enfoque ecosistémico en la regulación pesquera y la salvaguarda de los ecosistemas marinos en que existan esos recurso*”.

Una de las primeras modificaciones a la Ley N° 18.892, Ley General de Pesca y Acuicultura (LGPA), en el período comprendido entre los años 1999 al 2015, fue la promulgación de la Ley N° 19.907 del 2003, la cual prohibió el uso de redes y los sistemas de arrastre de fondo, con excepción de aquellos recursos que pudieran capturarse mediante dicho sistema, pero que debieran ser autorizados expresamente por la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura, previo informe técnico que asegure la preservación del medio marino, el cual de ninguna forma considera los crustáceos que están señalados en el reglamentos correspondiente.

En este mismo año, el Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción había promulgado la Política Nacional de Acuicultura, por medio del D.S.(MINECON) N°125, del 24 de julio de 2003, cuyo objetivo fue promover el máximo nivel posible de crecimiento económico de la acuicultura chilena en el tiempo, en un marco de sustentabilidad ambiental y equidad en el acceso a la actividad.

La estrategia de implementación de esta política consideró la participación activa, tanto del sector público como privado: un sector público responsable, eficiente y transparente que asegure la sustentabilidad ambiental y la igualdad de oportunidades en el acceso y ejercicio de la actividad para todos los interesados; y un sector privado que ejerza responsable, eficaz y sustentablemente la actividad de acuicultura.

Los principales aspectos que abordó la Política Nacional de Acuicultura se asocian al crecimiento económico, la sustentabilidad ambiental, la protección del patrimonio sanitario, la equidad en el acceso, la investigación y capacitación, la institucionalidad pública

425 Véase, Hilf, Juliane. 1995. The Convention for the Protection of Marine Environment of the North East Atlantic - New Approaches to an Old Problem?, en Heidelberg Journal of International Law, editado por Verlag. W. Kohlhammer.

426 Véase, El Sistema Internacional en sus Textos. Tomo III. Centro Peruano de Estudios Internacionales. Lima. Plan de Acción de la Cumbre de las Américas 1994. En Análisis Internacional 8: 126-143

427 La más recientes modificación de la Ley General de Pesca y Acuicultura, corresponde a la efectuada por la Ley N°20.825, publicada con fecha 7 de abril de 2015

428 Véase, Ley N°18.892, Ley General de Pesca y Acuicultura, publicada en el D.O. de fecha 23 de diciembre de 1989.

y el marco jurídico-legal, los cuales se han traducido en principios básicos orientadores que garanticen el logro del objetivo propuesto, y que se mencionan a continuación:

- Aseguramiento de la estabilidad de esta actividad económica.
- Coordinación de la Política Nacional de Acuicultura con otras políticas para el desarrollo nacional o regional.
- Participación, asociatividad y corresponsabilidad público-privada para la planificación estratégica del sector.
- Eficiencia, efectividad, corresponsabilidad y transparencia de la gestión ambiental pública y privada, asociada al diseño, control y cumplimiento de regulaciones en toda la cadena productiva de la industria de Acuicultura.
- Conservación del patrimonio genético de recursos nativos cultivados.
- Fortalecimiento de la competencia y responsabilidad pública y privada para el ingreso y cultivo de especies exóticas y de organismos vivos modificados.
- Conservación del patrimonio sanitario nacional y prevención de aparición y diseminación de enfermedades y plagas que afectan a las especies hidrobiológicas cultivadas y silvestres.
- Corresponsabilidad público-privada en el mejoramiento de la calidad e inocuidad de los productos acuícolas para consumo humano, tanto para el mercado externo como interno.
- Mejoramiento del acceso a la actividad bajo condiciones que favorezcan la igualdad de oportunidades a todos los interesados, incluyendo aquellas asociadas a la equidad de género.
- Reconocimiento formal de la acuicultura de pequeña escala o artesanal.
- Descentralización y simplificación de procesos y decisiones.
- Competencia de la institucionalidad pública.
- Fortalecimiento y/o generación de instancias formales de participación.
- Políticas asociadas a la investigación y capacitación.
- Pertinencia y oportunidad de la investigación sectorial.
- Cooperación en investigación científica e innovación tecnológica entre las instituciones públicas, el sector privado y las instituciones de investigación y docencia.
- Reconocimiento formal de las actividades de acuicultura para docencia, capacitación y experimentación.
- Integración de la acuicultura en los procesos educativos, de capacitación y de información.

Al respecto, es preciso hacer presente que, previo al surgimiento de la Política Nacional de Acuicultura y en virtud de lo que estaba dispuesto en el artículo 74 de la LGPA, la cual dispone que “la mantención de la limpieza y del equilibrio ecológico de la zona concedida, cuya alteración tenga como causa la actividad acuícola será de responsabilidad del concesionario, de conformidad con los reglamentos que se dicten”, el Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción, a través de la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura (SUBPESCA), ya había promulgado el Reglamento Ambiental para la Acuicultura (RAMA), a través del D.S.(MINECON) N°320, del 24 de agosto de 2001, publicado en el D.O. de fecha 14 de diciembre del mismo año, también conocido como “RAMA”, en atención a las siglas de su nombre, el cual estableció los requerimientos ambientales para autorizar la operación de centros de cultivo⁴²⁹, y el Reglamento de Medidas de Protección, Control y Erradicación de Enfermedades de Alto Riesgo para las Especies Hidrobiológicas, promulgado por el D.S.(MINECON) N° 319, del 24 de agosto de 2001, ambos publicados en el D.O. de fecha 14 de diciembre del mismo año, también conocido como el “Reglamento Sanitario de la Acuicultura” o “RESA”, en atención a las siglas de ésta.

El primero de los Reglamentos, el RAMA, incorporó como instrumento de gestión, la obligación de efectuar una Caracterización Preliminar de Sitio (CPS) para todos aquellos proyectos de acuicultura que fueran a efectuarse en una porción de agua y fondo, los cuales estuvieran sometidos al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA). Este instrumento, tuvo como principal objetivo determinar, previo al otorgamiento de la concesión de acuicultura, si las condiciones del fondo eran apropiadas para su ejercicio y exigir un seguimiento anual de los centros de cultivo, a través de la entrega de Información Ambiental (INFA). De igual forma, este Reglamento dispuso la necesidad de generarse un procedimiento que definiese las metodologías y técnicas que debían observarse

para que los solicitantes y titulares de concesiones de acuicultura realicen las evaluaciones ambientales, tanto en la etapa de solicitud de la concesión, como en el informe que deben presentar anualmente todos los titulares de centros de cultivo. Dicha metodología, fue dispuesta inicialmente, mediante la Resolución Exenta N°404/2003, de la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura, publicada en el D.O. de fecha 10 de febrero de 2003.

En el año 2004 y a partir de las disposiciones establecidas en la Ley General de Pesca y Acuicultura sobre materias de áreas marinas y costeras protegidas, el Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción aprobó el Reglamento de Parques Marinos y Reservas Marinas, mediante el D.S.(MINECON) N°238, promulgado el 16 de septiembre del señalado año, por medio del cual se dispuso que los parques marinos se establecerán en áreas de pesca, independiente del régimen de acceso a que se encuentren sometidos; en cambio, las Reservas Marinas podrán establecerse en la franja del mar territorial de cinco millas marinas, medidas desde las líneas de base normales, a partir del límite norte de la República y hasta el paralelo 41°26,6' de Latitud Sur y alrededor de las islas oceánicas, en las aguas situadas al interior de las líneas del mar territorial y en aguas terrestres.

Además, esta disposición reglamentaria, encargó al SERNAPESCA y a la SUBPESCA la elaboración.

Posterior a ello, en el año 2005, el Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción, a través de la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura, dicta el Reglamento sobre Plagas Hidrobiológicas (conocido como "REPLA"), el cual en conjunto con el RAMA y el RESA, ha conformado la **"triada ambiental para la acuicultura"**.

Este último reglamento, el cual tuvo su sustento legal a partir de la obligación dispuesta en el artículo 86 de la Ley General de Pesca y Acuicultura, la que dispone que el Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción dictará decreto supremo en que se contenga el reglamento que establecerá las medidas de protección y control para evitar la introducción de especies que constituyan plagas, aislar su presencia en caso de que éstas ocurran, evitar su propagación y propender a su erradicación, define lo que debe entenderse como plaga hidrobiológica o plaga, como **"la población de una especie hidrobiológica que por su abundancia o densidad puede causar efectos negativos en la salud humana, en las especies hidrobiológicas o en el medio, originando detrimento de las actividades pesqueras extractivas o de acuicultura y pérdidas económicas"**.

Asimismo, también, establece lo que no se entiende como plagas, de manera que son **"aquellas especies que sean objeto de una medida de administración pesquera, se encuentren amparadas por alguna categoría de protección oficial, o se hubieren incluido en alguno de los listados de enfermedades a que se refiere el decreto supremo N° 319 de 2001 del Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción que aprueba el Reglamento de medidas de protección, control y erradicación de enfermedades de alto riesgo para las especies hidrobiológicas"**.

En el año 2006, se dictó la Ley N° 20.091, que modificó el artículo 2° de la LGPA, introduciendo la definición de autorización de acuicultura, vivero o centro de acopio y centro de matanza. Además, esta ley modificó el artículo 69, en términos que dispuso que las concesiones y autorizaciones de acuicultura puedan ser transferibles y, en general, susceptibles de negocios jurídicos. Pero, además, en materia reglamentaria, durante el precitado año se promulgaron diversos cuerpos normativos, entre los que se destaca el D.S. (MINECON) N° 49/2006, Reglamento de Centros de Acopio y Centros de Faenamiento, y el D.S. (MINECON) N° 50/2006, que modificó el D.S. (MINECON) N° 290/2003, Reglamento de Concesiones y Autorizaciones de Acuicultura.

Durante el año 2007, se volvió a enmendar el artículo 2° de la LGPA, en orden a sustituir el entonces numeral 15), en cuyo texto original definía a la Pesca industrial como "actividad pesquera extractiva realizada por armadores industriales, utilizando naves o embarcaciones pesqueras, de conformidad con esta ley", pero que en esta enmienda, sustituía dicho numeral por el de **"Embarcación pesquera artesanal o embarcación artesanal: es aquella explotada por un armador artesanal e inscrita en el Registro Pesquero Artesanal, de una eslora máxima no superior a 18 metros, 80 metros cúbicos de capacidad de bodega, y de hasta 50 toneladas de registro grueso"**.

En este mismo año, pero en materia reglamentaria, se dictó el Reglamento que fijaba los niveles mínimos de operación de centros de cultivo por especie y área, mediante el D.S.(MINECON) N°383, del 31 de diciembre de 2007, el cual dispuso que, en casos de centros de cultivo que tengan autorizado un grupo de especies de aquéllos señalados en el artículo 21 bis del D.S.(MINECON) N° 290/1993, el nivel mínimo de operación sería de un 5% de la producción anual; en cambio, aquellos que tuvieran autorizadas especies pertenecientes a un mismo grupo de aquéllos señalados en ya indicado artículo 21 bis del D.S.(MINECON) N° 290/1993, podrían operar con un nivel mínimo de 5% de la producción anual en cualquiera de las especies autorizadas. A su vez, para el caso de centros de cultivo que tuvieran autorizada una especie que no pertenezca a un grupo de aquéllos señalados en el referido artículo 21 bis del D.S.(MINECON) N° 290/1993, también, podrían operar con un nivel mínimo de 5% de la producción anual. En cambio, en el caso de que se tengan autorizados dos o más grupos de las especies señaladas en el artículo 21 bis del D.S.(MINECON) N° 290/1993, podrían operar con un mínimo de 5% de la producción anual de una o más especies de cada grupo o un 8% de la producción anual de cualquiera de las especies de un mismo grupo.

Por otro lado y tal como lo explica la profesora Jessica Fuentes (2014)⁴³⁰, con el comunicado del primero brote de virus ISA en la salmonicultura, efectuado a principios del mes de julio de 2007, el Servicio Nacional de Pesca (SERNAPESCA) dicta un plan de contingencia para el control de esta enfermedad y un plan de control de su vector “Caligus”; pero, recién el 8 de octubre de 2008, se dicta por primera vez un programa sanitario específico de vigilancia y control de una enfermedad de alto riesgo de Lista 2, cuyos principales objetivos fue la detección temprana de la presencia del patógeno, basada en el muestreo permanente de los centros de cultivo; establecer restricciones al transporte de ejemplares y mortalidades y el control del “Caligus”. De esta forma, por primera vez se establece una zonificación sanitaria con restricciones a las zonas infectadas y en vigilancia y a los que se denominaron “centros sospechosos” y “en riesgo”, categorías estas últimas que no se encontraban reconocidas expresamente por el Reglamento Sanitario de la Acuicultura (RESA).

Asimismo, se implementó por primera vez la exigencia de eliminación de ejemplares o de cosecha obligatoria anticipada contemplada en el RESA, sin que existieran cuestionamientos de legalidad o constitucionalidad a su aplicación.

Además, se impusieron obligaciones para las diversas etapas de cultivo, tanto desde el punto de vista de las medidas sanitarias que evitaran la diseminación de la enfermedad, como con un estricto control del transporte, lo que incluyó la prohibición del traslado interregional.

Según lo expresa la profesora Fuentes (2014), a diferencia del programa sanitario de control, los planes de contingencia dictados no fueron contemplados en las facultades establecidas por el RESA, por lo que sólo pudieron dictarse al amparo de las competencias generales de carácter sanitario que estaban reconocidas para el SERNAPESCA.

A partir de lo anterior, mediante los D.S.(MINECON) N°416/2008 y D.S.(MINECON) N°349/2009, se modificó el Reglamento de Medidas de Protección, Control y Erradicación de Enfermedades de Alto Riesgo para las Especies Hidrobiológicas o “RESA”, incorporando una definición específica de emergencia sanitaria y extendiendo el control a los prestadores de servicios, tales como centros de acopio, centros de faenamiento y las embarcaciones de transporte o “wellboat”; pero, además, se adicionaron medidas para ser adoptadas ante una emergencia sanitaria, las que podrían aplicarse, también, frente a casos de enfermedades establecidas en la lista 2 del referido Reglamento; se dispuso la facultad de destrucción de redes y artes de cultivo; se incorporó la obligación de ensilar la mortalidad.

De igual forma, las referidas modificaciones del RESA, permitieron crear las áreas de manejo sanitario conjunto, las cuales consistían en imponer condiciones de operación coordinada entre los centros de cultivo integrantes de una misma área. Así, la medida de coordinación más importante que fue establecida, correspondió al período de descanso de tres meses que debía cumplirse por todos los centros integrantes del área, una vez terminada la cosecha, para evitar que el virus ISA tuviera huéspedes en donde alojarse durante ese lapso, lo que obedecía a las recomendaciones provenientes del sector científicas⁴³¹.

Según lo explica la profesora Jessica Fuentes (2014), la señalada medida se puso en práctica mediante la Resolución Exenta N° 1449 de 2009, del SERNAPESCA, la cual instauró por primera vez las áreas de manejo sanitario, las que en la actualidad son conocidas en la Ley General de Pesca y Acuicultura como “Agrupaciones de Concesiones”, pero que coloquialmente son denominadas como “barrios”.

De la misma manera, para la profesora Fuentes (2014), la ya indicada resolución del SERNAPESCA, permitió establecer una densidad de cultivo máxima para los centros de cultivo, con el propósito de asegurar que no se excediera de un determinado número de peces por jaula y, de esta forma, evitar el estrés que permite potenciar la diseminación de enfermedades. Así, la referida Autoridad Pesquera pudo exigir a los productores rebajar la cantidad de peces por jaula, decisión que hasta ese momento estaba inserta dentro del propio concepto de libertad empresarial.

Además, en el año 2008, se promulgó la Ley N°20.293, la que fue publicada en el D.O. de fecha 25 de octubre de 2008, la cual introdujo modificaciones a la LGPA, en términos de protección de cetáceos, reptiles y aves marinas, incluyendo una modificación del Título II de la ley, en el que se incorporó en el párrafo 4° de la LGPA. Con respecto a los cetáceos, se estableció la prohibición de dar muerte, cazar, capturar, acosar, tener, poseer, transportar, desembarcar, elaborar o realizar cualquier proceso de transformación, así como la comercialización o almacenamiento de cualquier especie de cetáceo que habite o surque los espacios marítimos de soberanía y jurisdicción nacional⁴³².

En cuanto a la modificación de la LGPA, este cuerpo legal incluyó al Título II un párrafo 4° de la Ley, en el que dispone que, en el caso de que ejemplares de cetáceos, reptiles y aves marinas no puedan ser devueltos al medio natural, en condiciones que no menoscaben su supervivencia natural, o en caso que exista alta incertidumbre sobre si su incorporación al medio perjudicará a las poblaciones

430 Véase, Fuentes, J. 2014. Evolución del régimen ambiental de la acuicultura en Chile. Revista de Derecho de la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso no.42 Valparaíso jul. 2014.

431 Véase Op.Cit.99, pág.465

432 Véase, Art. 2° Ley N°20.293

del sector en que serán devueltos, éstos debieran ser enviados en forma inmediata a un centro de rehabilitación de especies hidrobiológicas. Así, en el caso evento que no exista un centro de rehabilitación en la respectiva provincia, o que los ejemplares pertenezcan a especies o poblaciones, estos ejemplares debieran ser enviados a un establecimiento autorizado en que se mantengan especies en cautiverio, como zoológicos, centros de exhibición pública u otros que cuenten con la infraestructura adecuada y personal capacitado para realizar tales funciones, para lo cual se autorizará caso a caso y sólo con el fin de ser rehabilitados y devueltos a su medio ambiente natural y no podrán ser comercializados o utilizados de forma alguna con fines comerciales.

Durante el mismo año 2009, el Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción promulga el D.S.(MINECON) N° 350/2009, el cual modifica el Reglamento Ambiental de la Acuicultura (RAMA), haciendo más preventivo a este instrumentos, ya que no se podía volver a iniciar un período productivo sin contar con el resultado favorable de un informe ambiental.

Del mismo modo, la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura procedió a modificar la resolución acompañante del RAMA, mediante la Resolución Exenta SUBPESCA N°3612 del 2009, haciéndola más exigentes con respecto a los límites de aceptabilidad.

Para la profesora Fuentes (2014), dicha regulación fue promulgada al amparo de las normas legales que existían a esa fecha; pero que eran sumamente necesaria, ya que falta de un sistema infraccional específico para asegurar su cumplimiento, así como la necesidad de modificar el título concesional para obtener financiamiento para los titulares de las concesiones, mediante la entrega en garantía de las mismas, constituían factores que propiciaban la necesidad de tramitar una modificación legal, la cual se plasmó en el cambio de enfoque de la regulación, otorgando un fundamento legal más sólido a lo que se había hecho, ampliando las facultades regulatorias y de fiscalización.

De esta forma, la intervención estatal de amplio alcance sobre la actividad económica, fundada en una crisis de gran envergadura, se consolidó legalmente mediante la modificación efectuada en el año 2010 a la LGPA, a través de la Ley N° 20.434, la cual fue publicada en el D.O. de fecha 8 de abril de 2010⁴³³. Esta nueva normativa para la acuicultura, permitió realizar cambios en el modelo productivo para hacerlo sustentable, de manera que:

- Permitted coordinar la operación de las agrupaciones de concesiones, como una medida sanitaria, de modo que todos los centros de cultivo descansasen al mismo tiempo y así se disminuyeran los riesgos de enfermedades.
- Se ajustaron los indicadores ambientales, haciéndolos más exigentes y preventivos ante situaciones indeseadas.
- Permitted prohibir la nueva siembra de peces, o continuar la operación sobre otros cultivos, cuando se obtuvieran informes ambientales negativos acerca de las condiciones del centro. De esta forma, sólo podían volverse a operar, cuando se hubiese comprobado la recuperación de las condiciones de operación.
- Se estableció una densidad de cultivo (biomasa por m³) para los centros de salmones, de modo de prevenir eventos sanitarios indeseados.
- Se transfirió al Estado la obligación de la elaborar los informes de seguimiento de las condiciones ambientales de los centros de cultivo, de modo de asegurar que se contratarán terceros independientes, no vinculados a la industria para realizar los muestreos y los informes ambientales.
- Se fortaleció la normativa sobre uso de fármacos y las sanciones por el mal uso.
- Se fortaleció la normativa sobre seguridad de las estructuras de cultivo para prevenir los escapes y el desprendimiento de las especies en cultivo, cambiando el enfoque de mitigación a uno precautorio. Asimismo, se hicieron más drásticas las sanciones por no adoptar las condiciones de seguridad que propician el escape o el desprendimiento de especies presumiendo la responsabilidad del acuicultor en tales casos.
- Se crearon macro-zonas, como un instrumento de contención de las enfermedades, lo que permitió restricciones de transporte en momentos de brotes de enfermedad.
- Se limitó a 25 años el tiempo por el cual se otorgaban las concesiones de acuicultura, pudiendo renovarse. En caso que la mitad de los informes ambientales del período sean negativos, no podrán renovarse éstas.
- Se fortalecieron los programas de monitoreo de enfermedades y se dictaron los programas de control del virus ISA, del Septicemia Rickettsial Salmonídea (SRS) o Piscirickettsiosis, y del vector Caligus, principales enfermedades que afectaban a la industria de salmones.

433 Véase Op.Cit. 99, pág.466

- Se fortalecieron las facultades de fiscalización de los centros de cultivo y de los prestadores de servicios, cuya actividad incide en el desempeño ambiental y sanitario de la industria.

En el cumplimiento de lo establecido en el artículo 9°, transitorio de la Ley N°20.343 que modificó la LGPA, en términos que “la Subsecretaría de Pesca deberá dictar la resolución conforme a la cual fije la metodología para la determinación del banco natural de recursos hidrobiológicos”, en el año 2010, la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura promulgó su Resolución Exenta N°2353, del 4 de agosto del precitado año, por medio del cual estableció la metodología para determinar la existencia de bancos naturales de recursos hidrobiológicos en los sectores solicitados para concesiones de acuicultura. Esta disposición, fue posteriormente modificada por Resolución Exenta N°387, del 30 de enero del 2014, a través de la cual se eliminó del listado correspondiente al Índice Ponderado de Banco Natural de Recursos Hidrobiológicos Bentónicos Máximo (IPBANMáx), señalado en el numeral 11 de la Resolución Exenta N°2353, el recurso jaiba, considerando todas sus especies.

Sin perjuicio de los motivos por el cual la SUBPESCA aprobó la ya individualizada Resolución Exenta N°2353, ésta con el tiempo ha cobra una gran importancia en materia ambiental marina, ya que ha permitido determinar aquellos bancos naturales de recursos hidrobiológicos en sitios en donde se elabora los estudios de líneas de base ambiental marina para aquellos proyectos que son sometidos al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA).

Por otra parte, durante el mismo año 2010, se promulgó la primera modificación de la Ley N°19.300, sobre Bases Generales del Medio Ambiente, el cual además de crear el Ministerio de Medio Ambiente, el Servicio de Evaluación Ambiental y la Superintendencia de Medio Ambiente, modificó el artículo 3, letra d), y artículo 48 de la Ley General de Pesca y Acuicultura (LGPA), en materia de la declaración de Parques y Reservas Marinos, el cual originalmente estaba bajo competencia del Ministerio de Economía, Subsecretaría de Pesca y Acuicultura, pasando a las atribuciones del Ministerio del Medio Ambiente.

En materia de conservación de los recursos, en el año 2011 se dictó la Ley N° 20.509, la que fue publicada en el D.O. de fecha 10 de mayo, la cual modificó la Ley General de Pesca y Acuicultura, implementando la prohibición para que toda persona natural chilena que se embarque en naves nacionales o extranjeras, no efectúe actividades de pesca que contravengan las medidas de conservación de conservación establecidas por la Convención para la Conservación de los Recursos Vivos Marinos Antárticos , promulgada mediante el D.S.(MINREL) N°662 de 1981.

En el mismo año 2011, se promulga el D.S.(MINECON) N° 72, el cual reemplaza el anterior Reglamento de Importación Habitual de Especies, fortaleciendo de esta forma la certificación sanitaria para la importación e incorporando la metodología de análisis de riesgo para determinar la posibilidad de ingreso al país de especies, de acuerdo a lo propuesto por Oficina Internacional de Salud Animal (OIE), el que es referencia internacional para el comercio internacional.

En el año 2012, se dicta la Ley N°20.583, la cual vino a complementar la ya citada Ley N°20.434, que había establecido el nuevo modelo ambiental de la acuicultura. De esta forma, se procedió a cerrar el acceso a nuevas concesiones de acuicultura de salmones por un plazo de cinco años (2012-2017) en la región de Los Lagos y de Aysén del General Carlos Ibáñez del Campo.

De acuerdo a la profesora Fuentes (2014)⁴³⁴, el objetivo de esta medida, fue de no seguir entregando concesiones de salmones hasta ordenar territorialmente la actividad y no aumentar la carga en los sitios de cultivo, hasta que se implementara completamente el nuevo modelo productivo que estaba establecido en el artículo 2° de la Ley N°20.434.

Importante es destacar que, la Ley N°20.583 permitió crear la institución de la “relocalización de concesiones de salmones”, con el objetivo de completar el proceso de ordenamiento establecido en el artículo 5 de la Ley N°20.434, el cual consistió en que las concesiones otorgadas pudieran ser ubicadas en un nuevo sector, siempre dentro de áreas apropiadas, con el propósito de conseguir mejores condiciones que propicien un mejor desempeño ambiental y sanitario; pero, sin la posibilidad de aumentar el número total ni la superficie de la concesión anterior, lo que obliga al titular a renunciar a una concesión de la que es beneficiario para reemplazarla por una nueva en otro sector.

Además, esta modificación de la LGPA permitió establecer una distancia de 1,5 millas náuticas entre los centros de cultivo y los parques y reservas marinas, y se eliminó la posibilidad de realizar acuicultura en lagos, eliminando la posibilidad de áreas apropiadas para la acuicultura (AAA) en ellos; mientras que, en los ríos, sólo fue permitido efectuar acuicultura de carácter extensivo.

En cuanto a la zonificación del borde costero del litoral, esta nueva legislación propició incorporar en la LGPA una zonificación regional, la cual debía ser aprobada previamente por la Comisión Nacional de Uso del Borde Costero (CNUBC), obligando a las áreas apropiadas para la acuicultura a adecuarse a ésta y rechazándose las solicitudes pendientes en áreas que fueran incompatibles.

434 Véase, Op. Cit. 99, pág. 466

Para la profesora Jessica Fuentes (2014), esta modificación se debió al agotamiento de las AAA en las regiones de Los Lagos y de Aysén; sin embargo, en la búsqueda de nuevas áreas para el referido procedimiento, esta disposición se vio afectada por la aparición de dos nuevas regulaciones, que minimizaron búsqueda de zonas potenciales para efectuar acuicultura. La primera de ella, correspondió al Convenio 169 de la Organización Internacional del Trabajo (OIT), sobre pueblos indígenas y tribales en países independientes, el cual había sido ratificado por nuestro país mediante el D.S.(MINREL) N°236 del 2008, en cuyo artículo 6° se impone la necesidad de consultar a los pueblos indígenas las medidas legislativas y administrativas que sean susceptibles de afectarlos directamente. De este modo, la creación de cualquier nueva área apropiada, debe pasar por la consulta a los pueblos indígenas.

La segunda disposición normativa que incidió en el procedimiento de relocalización de concesiones de acuicultura, fue la Ley N° 20.249 sobre espacio costero marino de pueblos originarios, el cual establece que la preferencia de las comunidades indígenas para solicitar espacios de borde costero, por sobre toda otra solicitud, mientras se resuelve el supuesto de su derecho a acceder a ese espacio, es decir, que se acredite el uso consuetudinario que dicho solicitante ha tenido del sector respectivo⁴³⁵.

Además, durante el mismo año 2012, se promulga la Ley N°20.625, el cual, entre otras medidas, modifica el Título II, incorporando el párrafo 1° bis, con medidas respecto al descarte de especies hidrobiológicas e imponiendo la devolución al mar de mamíferos marinos, reptiles, pingüinos y otras aves marinas, salvo que se encuentren severamente dañados o heridos, en cuyo caso deberán ser retenidos a bordo, para efectos de ser enviados a un centro de rehabilitación de especies hidrobiológicas.

Esta norma es concordante con lo dispuesto en las modificaciones efectuadas a la LGPA, mediante la ya comentada Ley N°20.293, que introdujo modificaciones a la LGPA en orden a proteger los cetáceos, y modificó el Título II de esta misma ley, incorporando en el párrafo 4°, lo referente a la protección, rescate, rehabilitación, reinserción, observación y monitoreo de mamíferos, reptiles y aves hidrobiológicas.

Durante el mes de febrero del año 2013, se publica la Ley N°20.657, que modifica la LGPA en el ámbito de la sustentabilidad de recursos hidrobiológicos; además, en materia de acceso a la actividad pesquera industrial y artesanal, y con respecto a las regulaciones para la investigación y fiscalización. Así, esta norma legal, permitió incorporar los siguientes puntos a la normativa pesquera general.

- Se modificó el trámite de las transferencias, arriendos y otros contratos sobre concesiones, mediante un proceso más ágil y transparente, a través de un registro en línea, público y gratuito, el que se traspa desde la Subsecretaría para las Fuerzas Armadas a la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura.
- Se cerraron los accesos a nuevas concesiones de mitíldos en la Región de Los Lagos para ordenar ese subsector de la acuicultura.
- Se perfeccionaron las infracciones referidas a la entrega de información sobre desempeño sanitario por parte de los acuicultores.

Sin perjuicio de lo expuesto anteriormente, mediante la reciente Ley N°20.825, publicada en el D.O. de fecha 7 de abril del 2015, se modificó nuevamente la Ley N°20.434, la cual enmendó la LGPA en el año 2010, en términos que se amplió el plazo de cierre para otorgar nuevas concesiones de acuicultura.

Además, esta ley insertó un artículo 5° bis, por medio del cual se dispuso que los centros de cultivo de peces, ubicados en la Región de Magallanes y Antártica Chilena, podrían relocalizarse en la misma región, conforme a lo indicado en los incisos primero a quinto del artículo 5°, sometiéndose a las condiciones específicas que establece esa disposición señalan, pero bajo preferencia de aquella solicitud de relocalización que esté ubicada en una franja de distancia obligatoria entre macrozona establecida, de conformidad con el reglamento a que se refiere el artículo 86 de la LGPA.

También, esta nueva disposición legal suspendió el ingreso y otorgamiento de solicitudes de concesiones de acuicultura, cualquiera sea la especie o grupo de especies a cultivar, con excepción de la acuicultura de pequeña escala sobre algas, en la Región de Los Lagos, entre la fecha de la publicación de la presente ley en el Diario Oficial y el 8 de abril de 2020.

Sin embargo, vencido el plazo de 3 años, contado desde la publicación de la ley, aquellas concesiones que hubieran quedado ubicadas en franjas de distancia obligatoria entre macro zonas, perderán la preferencia para relocalizarse las concesiones; en cambio, vencido el plazo de 4 años, contado desde la misma fecha de publicación, perderán la preferencia para relocalizarse las concesiones que hayan quedado ubicadas en las aguas marítimas de parques nacionales.

Importante es destacar que, el artículo 7° de la referida ley, ha dispuesto que la relocalización de centros de cultivo que se efectúe de conformidad con la ley N° 20.434, no podrán sobreponerse a las áreas de manejo y explotación de recursos bentónicos, ni a parques y reservas marinas, parques nacionales, espacios costeros marinos de los pueblos originarios, áreas donde haya presencia de banco natural o algún caladero de pesca, y a sectores de interés turístico que estén definidos en la zonificación respectiva. Para ello, al

435 Véase, Op. Cit 99, pág. 467

momento de ingresar una solicitud de relocalización, la SUBPESCA deberá informar técnicamente la existencia o no de caladero de pesca en el sector solicitado que se hubiese solicitado.

6.3.3.2 Ley de Navegación

En Chile la preocupación en torno a la contaminación del medio acuático, esencialmente el medio marino, se ha situado en la perspectiva y en la base del desarrollo del derecho internacional, vinculado esto al espacio marítimo de jurisdicción exclusiva, así como el uso cada día más intenso que Chile le está dando al mar como vía de comunicación y fuente de recursos.

Las disposiciones jurídicas aplicables en Chile están situadas en una doble perspectiva, la del Derecho Internacional que surge de los Convenios que ha suscrito, y la legislación propia interna, que también recoge en gran medida los principios que se desprenden del orden internacional.

La necesidad de establecer normas específicas para controlar la contaminación marina se ha hecho vital desde hace más de 5 décadas; de ello, son pruebas las ratificaciones de Tratados, tales como el “Convenio Internacional para Prevenir la Contaminación de las Aguas por Hidrocarburos”, de 1954 (OILPOL/54), el “Convenio Internacional sobre Responsabilidad Civil por Daños Causados por Contaminación de las Aguas del Mar por Hidrocarburos”, de 1969 (CLC/69), el “Convenio Internacional sobre la Intervención en Alta Mar en Casos de Accidentes que causen Contaminación por Hidrocarburos”, de 1969 (INTERVENTION/69), el “Convenio Internacional sobre Prevención de la Contaminación del Mar por Vertimientos de Desechos y otras Materias”, de 1972 (LC/72) y el “Convenio Internacional para la Prevención de la Contaminación causada por Buques de 1973 y su Protocolo de 1978” (MARPOL 73/78), con exclusión del Anexo Facultativo V, para decir algunos.

En cuanto al ordenamiento jurídico interno, a las antes mencionadas Constitución Política de la República de Chile y a la Ley Sobre Bases Generales del Medio Ambiente, se ha agregado el Decreto Ley N° 2.222, Ley de Navegación, que fue promulgado el 21 de mayo de 1978 y publicado en el Diario Oficial del 31 de mayo de ese mismo año; así como también su Reglamento para el Control de la Contaminación Acuática, el que fue promulgado por el Decreto Supremo N° 1 del Ministerio de Defensa Nacional, del 6 de enero de 1992 y publicado en el Diario Oficial del 18 de noviembre de ese mismo año, como marco normativo aplicado a la protección y responsabilidad civil daños que se efectúen en el medio marino. Más aún, son precisamente estos dos últimos, los que constituyen los principales cuerpos normativos que regulan el sistema de responsabilidad civil por daños en la contaminación acuática en Chile.

La Ley de Navegación, en su Título IX “De la Contaminación”⁴³⁶, párrafo 1º, establece un principio general en materia de contaminación acuática, cuya disposición ya era norma exigida desde el año 1941, conforme se consagró en el artículo 185º del Reglamento de Orden, Seguridad y Disciplina de las Naves y Litoral de la República⁴³⁷, y cuyo texto señalaba:

“Artículo 185.- Se prohíbe arrojar lastre, escombros, basuras, derramar petróleo y sus derivados o residuos de los mismos, aguas de relaves de minerales u otras materias orgánicas nocivas o peligrosas de cualquier especie, en los puertos o en las aguas jurisdiccionales de la República, sin el consentimiento previo de la Autoridad Marítima respectiva, quien designará e todo caso, el lugar o forma como se procederá a efectuar alguna de dichas operaciones (...).”

A dicha disposición, la Ley de Navegación, en cambio, quiso replantear de una manera más profunda el enfoque tradicional, agregándole el carácter absoluto a la citada prohibición. Además, permitió especificar las actividades que serían sometidas a ella y los cuerpos de agua sujetos a su tutela, señalando en su artículo 142º:

“Artículo 142.- Se prohíbe absolutamente arrojar lastre, escombros, basuras, derramar petróleo o sus derivados o residuos, aguas de relaves de minerales u otras materias nocivas o peligrosas, de cualquier especie, que ocasionen daños o perjuicios en las aguas sometidas a la jurisdicción nacional, en puertos, ríos y lagos (...).”

Cabe hacer presente, que este mismo principio general es reproducido fidedignamente en el artículo 2º del Reglamento para el Control de la Contaminación Acuática⁴³⁸. Además, como cuerpo normativo de la Ley de Navegación, el antes mencionado Reglamento incorpora otras prohibiciones que se inspiraron en aquel dispuesto en el artículo 142; ejemplo de ello son, la prohibición de transporte marítimo de sustancias nocivas o peligrosas que puedan ocasionar daños o perjuicios a las aguas sometidas a la jurisdicción nacional, que señalan el artículo 10º, la prohibición de efectuar descargas de aguas sucias a toda nave o artefacto naval, como se dispone en su artículo 92º, o la prohibición de introducir o descargar directa o indirectamente a las aguas sometidas a la jurisdicción

436 Artículos 142 al 162 del D.L. N° 2.222, del 21 de mayo de 1978, publicado el 31 de mayo de 1978.

437 D.S.(M) N° 1.340 bis, del 14 de junio de 1941, publicado en el D.O. del 27 de agosto de 1941.

438 D.S.(M) N° 1 del 6 de enero de 1992, Reglamento para el Control de la Contaminación Acuática, modificado por el D.S.(M) N° 820 del 5 de noviembre de 1993, que fue publicado en el D.O. del 17 de noviembre de 1993. .

nacional de cualquier materia, energía o sustancias nocivas o peligrosas desde fuentes terrestres, que se indica en su artículo 136° y que actualmente representa uno permisos ambientales sectoriales que otorga la Autoridad Marítima a las actividades o proyectos sometidos al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental.⁴³⁹

Asimismo, en el recién comentado Reglamento, la Ley ha radicado la forma de cómo la Autoridad Marítima deberá ejercer sus atribuciones en cuanto a las mencionadas prohibiciones; así como también, el procedimiento de aplicación de multas y otras sanciones para los casos de contravención de las normas impuestas.

Sin perjuicio de lo anterior, es precisamente mediante lo señalado en el párrafo 2° del Título IX de la Ley de Navegación, donde el legislador quiso referirse expresamente al sistema de responsabilidad civil por los daños derivados de los derrames de hidrocarburos, al disponer en el artículo 144°, que dicho sistema de responsabilidad se regirá exclusivamente por las disposiciones contenidas en el ya comentado “Convenio Internacional sobre Responsabilidad Civil por Daños Causados por Contaminación de las Aguas del Mar por Hidrocarburos de 1969”, en adelante CLC/69, razón por la cual este Convenio pasa a ser derecho interno.

Además, la Ley de Navegación establece una muy particular disposición, al imponer que lo dispuesto en el CLC/69, también, regirá para la indemnización de los perjuicios que ocasionen el derrame de cualquier clase de materias o desechos que ocurran dentro de las aguas sometidas a la jurisdicción nacional.

Eso sí, con las siguientes normas complementarias:

- a) La responsabilidad por los daños que se causen afectará solidariamente al dueño, armador u operador de la nave o artefacto naval, y a todas las naves partícipes en el hecho.
- b) El propietario, armador u operador de la nave o artefacto naval serán los responsables de los daños que se produzcan, a menos que pruebe que ellos fueron causados exclusivamente por:
 - Acto de guerra, hostilidades, guerra civil o insurrección, o fenómeno natural de carácter excepcional, inevitable o irresistible, y
 - Acción u omisión dolosa o culpable de un tercero extraño al dueño, armador u operador a cualquier título de la nave o artefacto naval.

Las faltas, imprudencias o negligencia de los dependientes del dueño, armador u operador o las de la dotación, no podrán ser alegadas como causal de la presente excepción de responsabilidad.

- El propietario armador u operador de la nave o artefacto naval, podrá limitar responsabilidad por derrame o vertimientos de sustancias contaminantes del medio ambiente marino, hasta un máximo equivalente en moneda nacional a 2.000 francos por tonelada de registro de la nave o artefacto naval.

Sin embargo, con el sentido de clarificar lo que la Ley de Navegación ha dispuesto como régimen general, se hace necesario previamente señalar que, en términos históricos, el concepto de responsabilidad civil por contaminación marina vio su origen formal a raíz del desastre del Buque Tanque de bandera liberiana “Torrey Canyon”, en el año 1967, donde se derramaron en las costas de Inglaterra alrededor de 110.000 toneladas de petróleo. Por lo que, a raíz de ello, surgió la discusión respecto a la inconveniencia de mantener entregados este tipo de desastre al ordenamiento jurídico interno de los Estados afectados; así como también, que los límites impuesto por la entonces legislación se mantuvieran tan inadecuados e insuficientes como lo había manifestado para aquel tipo de siniestros, fundamentalmente el Convenio de Bruselas de 1957, el cual establecía un régimen de responsabilidad subjetiva.

Consecuencia de ello, en el año 1969 se llevó a cabo una Conferencia Internacional encargada de acordar un régimen uniforme de responsabilidad civil por daños derivados de la contaminación de hidrocarburos, y que posteriormente dio origen al Convenio Internacional sobre Responsabilidad Civil por Daños Causados por Contaminación de las Aguas del Mar por Hidrocarburos, el que fue suscrito por Chile en su versión original de 1969 y fue aprobado y promulgado en 1977⁴⁴⁰.

El espíritu que inspiró a dicho Convenio fue crear un sistema que facilitara el ejercicio de la acción de indemnización de perjuicios, agilizar el procedimiento de pago de las mismas y asegurara que el mayor número de daños sería cubierto por tales indemnizaciones, sobre la base de lo que se concluyó de la antes mencionada Conferencia, lo cual correspondió a los siguientes acuerdos:

- a) Que, el responsable o sujeto pasivo de la acción sería el propietario o armador del buque, el cual en términos generales es más fácil de identificar que el mismo propietario de la carga.
- b) Que, se establecería un régimen que afectara solidariamente a todos los actores involucrados en el desastre.

⁴³⁹ Artículo N° 73 del D.S.(MINSEGPRES) N° 95/2002, Reglamento del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental.
⁴⁴⁰ D.L. N°1.808 de 1977, promulgado por el D.S. N° 475 del Ministerio de Relaciones Exteriores de Chile, del 12 de agosto de 1977.

c) Que, se fijaría un régimen de responsabilidad objetiva con causales taxativas que permitieran exonerar al actor de responsabilidad y no al ya existente régimen de responsabilidad subjetiva o por culpa, que obligaba a la víctima probar el dolo o la culpa en el actor para imputar responsabilidad.

d) Que, se establecería un régimen de responsabilidad limitada, pero más amplia que la dispuesta por las reglas de la Haya, las cuales eran insuficientes para cubrir daños de la envergadura de los siniestros que se observaban.

De esta forma, el CLC/69 trajo consigo tres innovaciones jurídicas, que hasta esa fecha eran desconocidas en el ámbito de legislación ambiental:

- La responsabilidad estricta u objetiva del causante de la contaminación (propietario o armador del buque);
- La posibilidad que el responsable de la contaminación (propietario o armador del buque) se ampare en una limitación de su responsabilidad traducida en sumas fijas; y
- La obligación que trajo consigo para que los buques dedicados al transporte de petróleo persistentes contaran con un seguro o garantía suficiente para amparar a las víctimas por posibles daños de contaminación.

En efecto, este Convenio consagró la responsabilidad estricta, objetiva, ya que quien sufre el daño no tiene la obligación de entrar a probar la culpa, negligencia o dolo del armador (propietario del buque). Basta establecer que existe un derrame o carga accidental de cierto tipo de hidrocarburos (persistentes) en el territorio o mar territorial de un Estado parte que se configure la responsabilidad civil. Aquí, la culpa es reemplazada por la reparación efectiva.

Por ello, se habla de responsabilidad sin culpa o de responsabilidad por riesgo creado.

El régimen de la responsabilidad objetiva, tuvo su fuente en la teoría del riesgo creado o de las actividades peligrosas, en cual considera que determinadas actividades conllevan un riesgo inherente y que quien se beneficia de ellas debe responder por los daños causados. Por lo tanto, la responsabilidad del propietario de un buque que causa daños por contaminación de petróleo tiene un carácter objetivo.

Sin perjuicio de lo anterior, el CLC/69 quiso limitar su ámbito de aplicación. En primer lugar, sus disposiciones sólo fueron aplicables a riesgos de derrame o fuga causados por hidrocarburos persistentes, y no para casos provocados por hidrocarburos no persistentes. De esta forma, para el Convenio, los hidrocarburos persistentes corresponden a aquellos hidrocarburos “que por su composición química se disipan lentamente de un modo natural cuando se derraman en el medio marino y pueden por lo tanto esparcirse y exigir operaciones de limpieza”. Entre aquellos que poseen estas características, se encuentra el petróleo crudo, fuel oil, diesel oil pesado, aceites lubricantes, entre otros.

En cambio, para el Convenio, los hidrocarburos no persistentes tienden a evaporarse más rápidamente que los persistentes, por lo que se entendió que ante un derrame o fuga de ellos, no se requeriría operaciones de limpieza, en virtud a que los daños que pudiesen originarse producto de la contaminación al medio ambiente, serían considerablemente menores en comparación con los que se generarían en el eventual caso de la acción de un hidrocarburo persistente.

Otro aspecto que constituyó un límite al campo de aplicación del CLC/69, fue en lo dispuesto a través de su artículo VII, párrafo 1º, en donde estableció que “el propietario de un buque matriculado en un Estado parte, y que transporte más de 2.000 toneladas de hidrocarburos a granel, deberá suscribir un seguro de daños por contaminación u otra garantía financiera, como la garantía de un banco o un certificado expedido por un fondo internacional de indemnizaciones, por el importe que asciendan los límites de responsabilidad previstos por el artículo V del mismo Convenio”. En consecuencia, lo convenido en el CLC/69, sólo se le es aplicable a aquellas naves que transporte sobre 2.000 toneladas.

Contrario a lo recién señalado, la ley de Navegación dispone que “toda nave o artefacto naval que mida más de 3.000 toneladas de registro neto, deberá suscribir un seguro u otra garantía financiera otorgada por un Banco o un Fondo Internacional de Indemnizaciones, por el importe máximo de su responsabilidad. Los derechos e indemnizaciones y las obligaciones que nazcan de un siniestro prescribirán en 3 años, contados desde la fecha en que se produjo el daño o se realizaron los actos que dan acción de reembolso. Sin embargo, no podrá interponerse acción alguna después de seis años contados desde la fecha del siniestro”.

Sin perjuicio que esta norma es bastante más amplia que aquella dispuesta por el CLC/69, y que las certificaciones que se otorgan son iguales a las del Convenio, se puede haber llegado deducir que, al momento de determinar qué naves o artefactos navales tienen la obligación de constituir el seguro, será posible estar a dos criterios: el del CLC/69, es decir naves o artefactos navales que transporte más de 2.000 toneladas de hidrocarburos o sustancia nocivas o, el de la Ley de Navegación, o sea, naves o artefactos navales que midan más de 3.000 toneladas, según los cálculos de medición indicados en la misma ley.

Ahora bien, sobre la base de lo restringido que representaba el campo de aplicación del CLC/69, el legislador quiso otorgarle a la Ley de Navegación ventajas normativas que le permitiesen cubrir aquellos espectros que el Convenio no los consideraba. Una de ellas, fue la atribución de regir el ejercicio del derecho a limitar las indemnizaciones por las siguientes reglas, en casos en que no correspondiese aplicar exclusivamente las normas del CLC/69:

- El que pretende gozar de la limitación, deberá constituir ante un tribunal especial, un fondo equivalente al límite de su responsabilidad.

El fondo se constituye consignando la suma o depositando una garantía bancaria o de otra clase, considerando suficiente por el Tribunal.

- Este fondo se distribuye a prorrata de las reclamaciones aceptadas.

Gozan de preferencia los gastos o sacrificios razonables en que hubiere incurrido la Autoridad o algún tercero para prevenir o minimizar los daños por contaminación.

El responsable tiene derecho a cobrar a prorrata los gastos o sacrificios para prevenir o minimizar los daños.

- Si antes de hacerse efectiva la distribución del fondo, alguno de los responsables o asegurador o gerente hubiere pagado indemnizaciones, se subrogará en los derechos de la persona indemnizada sobre el fondo.
- Cualquier interesado podrá solicitar al Tribunal que se reserven los fondos adecuados para cubrir las cuotas de aquellos créditos aún no reconocidos, pero que de estarlo habrían tenido derecho a resarcirse con los demás imputables al fondo.
- El franco mencionado para este efecto será la unidad constituida por 65 miligramos y medio de oro fino de 90 milésimas, según equivalencia que fije el Banco Central de Chile.
- Para los efectos de la constitución del fondo, el arqueo de la nave o artefacto naval, será el arqueo neto más el volumen que se haya deducido del arqueo bruto por concepto de espacio reservado a la sala de máquinas.

Cuando se trate de una nave o artefacto naval que pudiese medirse aplicando las reglas corrientes para el cálculo del arqueo, se tendrá para estos efectos el 40% del peso en toneladas de la carga que pueda transportar o soportar.

- Al asegurador u otra persona que provea la garantía financiera por cualquiera de los responsables, podrá constituir igualmente el fondo de las mismas condiciones del responsable.
- Una vez constituido el fondo, cesan automáticamente el derecho a perseguir otros bienes del responsable, y los arraigos, retenciones o embargos.

Otra, de dichas ventajas, lo constituye en que su ámbito se hace aplicable, a los perjuicios que ocasiona el derrame de cualquier clase de materia, sustancia o energía, pudiendo considerarse como tales el lastre, escombros o basuras, el petróleo o sus derivados, las aguas de relaves de minerales u otras materias de cualquier tipo que ocasionen daños o perjuicios al medio marino; y, que incluso el Reglamento para el Control de la Contaminación Acuática, extiende a las aguas sucias, las mercancías radiactivas y los desechos procedentes de fuentes terrestres de contaminación.

En cuanto a lo del seguro, exigido a ciertas naves o artefactos navales, para Castiglione⁴⁴¹, éste “constituye un contrato forzoso ortodoxo, ya que se impone la obligación de celebrarlo y establece una sanción en caso de incumplimiento; sin embargo, subsiste la libertad de elegir a la contraparte y negociar las cláusulas internas del contrato”.

Además, dicho contrato de seguro, constituiría un caso de excepción al efecto relativo, es decir, estipulación a favor de un tercero, toda vez que producirá efectos respecto de sujetos que no han intervenido en su gestación, por lo que permitirá a éstos deducir acción directa de reclamación o indemnización en contra del asegurador o promitente, aun cuando no sean parte ni hayan tenido intervención en el contrato.

Por otro lado, pero en el mismo sentido de explicar el origen de la actual configuración que existe en Chile en materia de responsabilidad civil por daño al ambiente marino, es importante señalar que del CLC/69 surgieron posteriormente 3 protocolos modificatorios, de los cuales sólo uno ha sido suscrito por Chile:

- El Protocolo de 1976, aprobado el 9 de noviembre de 1976 y en vigor desde el 8 de abril de 1981, su objetivo principal fue modificar la unidad que el CLC/69 utilizaba, el franco Poincaré, basado en el valor oficial del oro. Esto debido que “la experiencia ha demostrado que la conversión de ese franco oro a monedas nacionales era cada vez más difícil”. Por ello, en 1976 se adoptó el

441 Castiglione G., Paola. 2000. “Responsabilidad Civil por Daños en Contaminación de Hidrocarburos y Otras Sustancias Nocivas”. Ed. Jurídica Conosur Ltda. pág. 237.

Protocolo relativo al Convenio, que establece una nueva unidad den cuenta, basada en los Derechos Especiales de Giro (DEG) del Fondo Monetario Internacional (FMI).

No obstante, para atender a los países que no sean miembros del FMI y cuyas leyes no permitan la utilización de los DEG, el Protocolo prevé otra unidad monetaria, basada, al igual que en el texto original del CLC/69, en el oro.

- El Protocolo de 1984, aprobado el 25 de mayo de 1984, vino a aumentar los márgenes de responsabilidad existentes, estableciendo un límite especial para propietarios de buques pequeños; además, amplió el ámbito de aplicación geográfico del CLC/69 y vino a cubrir los daños por contaminación de hidrocarburos persistentes provenientes de buques tanques y buques de transporte combinado, durante los viajes a continuación del transporte. Asimismo, este protocolo, incluyó, como rubro indemnizable, los gastos por medidas preventivas adoptadas antes de producirse el siniestro, en caso de amenaza grave e inminente, vino a modificar el tonelaje de arqueo utilizado para el cálculo de los límites de responsabilidad y definió o aclaró la posición del CLC/69 frente a los daños causados al medio ambiente.

Sin perjuicio de lo anterior, este Protocolo demostró que nunca reuniría las condiciones de aceptación necesarias para su entrada en vigor (12 meses después de haber sido aceptado por 10 Estados, entre los cuales haya seis con flotas petroleras de al menos un millón de arqueo bruto), un factor importante de ello fue la negativa de Estados Unidos, un importador de petróleo importante, para aceptar las condiciones que fijaba este Protocolo. En este sentido, Estados Unidos prefirió un sistema de responsabilidad ilimitada, que introdujo en su Ley de 1990 sobre la Contaminación por Hidrocarburos (llamada posteriormente, "OILPOL 90").

- El Protocolo de 1992, es el único que ha sido ratificado por Chile, y su entrada en vigor comenzó el 29 de mayo del 2003. En resumen, este Protocolo tendió a modificar las condiciones de la entrada en vigor del CLC/69, al reducirse de seis a cuatro el número requerido de países con grandes flotas petroleras. Sin embargo, mantuvo los límites de la indemnización que fueron acordados en el Protocolo de 1984, es decir:
 - Para buques cuyo arqueo bruto no exceda de 5.000 toneladas, la responsabilidad se limita a 3 millones de DEG (vale decir, unos 4,1 millones de dólares americanos).
 - Para buques de arqueo bruto de 5.000 a 140.000 toneladas, la responsabilidad se limita a 3 millones de DEG más 420 DEG 8unos 567 millones de dólares americanos) por cada tonelada adicional.
 - Para buques de arqueo bruto de más de 140.000 toneladas, la responsabilidad se limita a 59,7 millones de DEG (unos 80 millones de dólares americanos).

Además, este Protocolo, también extendió el ámbito del Convenio, a fin de incluir los daños que se provocasen por contaminación ocasionada en la Zona Económica Exclusiva (ZEE) o en una zona equivalente de un Estado parte. El Protocolo incluye los daños debidos a la contaminación en la misma forma que antes, pero la indemnización por daños al medio ambiente se limita a los gastos incurridos por la puesta en práctica de medidas razonables para restaurar el medio ambiente contaminado. También, este Protocolo permite el resarcimiento de gastos incurridos en la aplicación de medidas preventivas, incluso cuando no ocurre un derrame de hidrocarburos, siempre y cuando haya habido una amenaza inminente de daños debido a la contaminación.

Sin embargo, ni el Protocolo de 1984 ni el Protocolo de 1992 quisieron modificar lo que el CLC/69 había dispuesto en términos de las sustancias cuyo derrame genera responsabilidad. Sin perjuicio de ello, cabe hacer presente, a lo largo del período de sesiones de la Organización Marítima Internacional (OMI) en que se elaboró el Protocolo de 1984⁴⁴², fue acordado el seguir excluyendo del CLC/69 los daños producidos por el derrame de hidrocarburos no persistentes y el aceite de ballena.

Asimismo, durante la celebración del Protocolo de 1992, también surgió el Convenio del Fondo de 1992, el cual constituye una organización intergubernamental de ámbito mundial, proporcionando indemnización de los daños ocasionados por la contaminación en comento, conforme a las modificaciones dispuesta por el Protocolo. La financiación del Fondo de 1992 adopta la forma de gravámenes sobre ciertos tipos de hidrocarburos transportados por vía marítima. Estos gravámenes corren a cargo de entidades que reciben los hidrocarburos después de su transporte por mar y no por los Estados normalmente.

El Fondo de 1992, posee la ventaja que procura liquidar las reclamaciones extrajudicialmente, de forma que los demandantes reciban la indemnización lo antes posible, sin perjuicio que puedan presentar sus reclamaciones ante el tribunal nacional competente.

Las reclamaciones de indemnización, en virtud del Protocolo de 1992, son presentadas contra el propietario de la nave responsable de los daños, o directamente contra su asegurador, quien normalmente será una de las asociaciones de protección e indemnización (Clubs P & I) y que cubren la responsabilidad del propietario de la naves frente a terceros.

La forma en que el Fondo de 1992 ha considerado para deben presentarse las reclamaciones, es por escrito (incluido telefax o correo electrónico), en forma clara y con detalles suficientes, de modo que el Fondo de 1992 pueda evaluar el monto de los daños a partir de los hechos y la documentación.

Además, como requisito de una reclamación, el Fondo de 1992 establece que se deberá justificar mediante factura u otros documentos pertinentes, tales como hoja de trabajo, notas aclaratorias, cuentas y fotografías. Es la responsabilidad de los demandantes presentar pruebas justificativas de sus reclamaciones.

Con respecto al plazo, que este Protocolo estipula para la presentación de una reclamación, es de 3 años de la fecha en que ocurrieron los daños o se haya notificado oficialmente al Fondo de los hechos o acerca de la acción judicial en contra del propietario de la nave involucrada o su asegurador.

Sin embargo, durante el mes de Octubre del año 2000⁴⁴³, el Comité Legal de la Organización Marítima Internacional adoptó una serie de enmiendas al Protocolo de 1992, destinadas a incrementar en un 50% los límites de compensación pagaderos a las víctimas de daños por contaminación producida por el derrame de hidrocarburos provenientes de buques tanques. Estas enmiendas, se esperan que entren en vigor a partir del 1° de noviembre del año 2003.

En cuanto a los casos en que estuvieran involucradas instalaciones o fuentes terrestres que produzcan daños al medio ambiente marino, ya sea por vertimiento o derrames de sustancias contaminantes, los convenios antes mencionados nada dicen al respecto, sino es la propia Ley de Navegación la que ha dispuesto que “el dueño de ellas será civilmente responsable y deberá indemnizar todo perjuicio que se haya causado, siendo aplicable en este caso las normas especiales dadas por el legislador para el derrame de cualquier clase de materias o desechos en aguas sometidas a la jurisdicción nacional”.

En términos de atribuciones, la Ley de Navegación le confiere a un tribunal competente la capacidad de conocer respecto de las cuestiones sobre responsabilidad civil que produzcan daño en el medio marino. Esta atribución, se inspira en los Principios de la Territorialidad y de la Extensión. Dado que, conforme lo establecido en el artículo 144°, el régimen de responsabilidad civil es aplicable a las aguas sometidas a la jurisdicción nacional, entendidas éstas como aquellas sometidas a la soberanía y jurisdicción nacional, e incluye las aguas interiores, el mar territorial⁴⁴⁴; así como también, la zona contigua y la zona económica exclusiva⁴⁴⁵.

Pero, además, el artículo 140° bis, del Reglamento para el Control de la Contaminación Acuática, incluye en el denominativo de aguas sometidas a la jurisdicción nacional, a las “aguas interiores de golfos, bahías, estrechos y canales, cualesquiera sea la distancia que existe entre sus costas, los lagos de dominio público navegables por buques de más de 100 toneladas, y los ríos navegables hasta donde alcanzan los efectos de las mareas”.

Con respecto al principio de extensión, que se consagra en la Ley de Navegación, para Castiglione⁴⁴⁶ éste hace referencia a que “todas las cuestiones relacionadas o derivadas de un mismo siniestro debían radicarse, en lo posible, en los tribunales de un solo Estado contratante. La razón de ello, no fue otra que procurar que todas las cuestiones quedaran sometidas a un mismo derecho nacional para unificar criterios y evitar sentencias contradictorias”.

La Ley de Navegación, además, le confiere al propietario, armador, operador, asegurador y garante, el derecho de limitar su responsabilidad a una suma que se determinará según sea el tonelaje de la nave (arqueo bruto). Este beneficio, le permitirá, “por una parte, iniciar un procedimiento de construcción de un fondo de limitación mediante el ejercicio de una acción procesal, y por otra parte, defenderse en un juicio de reclamación e indemnización iniciado por la Autoridad, o por el tercero (víctima del desastre), mediante una excepción procesal”⁴⁴⁷.

Con respecto a lo anterior, el sistema de registro de naves en el derecho chileno no acredita dominio sino posesión. La sola inscripción de una nave en el registro de matrícula correspondiente, no constituye la forma de hacer la tradición de la nave, sino constituye una formalidad por vía de la publicidad y no una solemnidad. Bajo este aspecto, el artículo 830 del Código de Comercio⁴⁴⁸, el cual es reproducido en la Ley de Navegación⁴⁴⁹, señala que “la persona natural o jurídica a cuyo nombre figure inscrita la nave en el registro de matrícula regula respectivo, se presumirá de poseedora regular de ella, salvo prueba en contrario”.

443 Enmienda al Convenio de Fondo de 1992, en sitio web: www.imo.org

444 Artículo N° 593 del Código Civil de Chile, y el Artículo N° 4, letra b), del D.S.(M) N° 1 de 1992.

445 Convenio de las Naciones Unidas sobre el Derechos del Mar de 1982.

446 Opt. Cit. N° 110, p 100.

447 Véase Op. Cit. N° 110, p. 98.

448 Decreto Supremo N° 741, del 12 de agosto de 1997, del Ministerio de Justicia de Chile.

449 Artículo N° 13, inc 2°, del D.L. N° 2.222 del 21 de mayo de 1978.

Por lo demás, la Ley no regula, como lo hace el CLC/69, el derecho a repetir que tendría el propietario, armador u operador en contra de los demás responsables del siniestro. Sin embargo, para Castiglione⁴⁵⁰, “al momento de dilucidar a quién hacer responsable en cuanto a soportar, en definitiva, el pago de la indemnización, habrá que tener a la vista las reglas generales en materia de obligaciones solidarias, responsabilidad civil extracontractual por el hecho ajeno, la relación de dependencia o cuidado, y las circunstancias de hecho que se dan en el desarrollo de la actividad marítima en cuanto a la disciplina y jerarquía inherentes a la relación laboral al interior de una nave”.

Uno de los factores más importantes que deja establecido el régimen de responsabilidad civil por contaminación marina es la presunción del daño ecológico, lo cual según Castiglione⁴⁵¹, el régimen de responsabilidad civil que regula la Ley de Navegación exige también la existencia de un daño, el que deberá probarse por la víctima de acuerdo con las reglas generales. Sin embargo, tratándose de daño ecológico o ambiental, a diferencia del régimen general de responsabilidad que consagra la Ley⁴⁵², el daño ecológico en el vertimiento, descarga o derrame de sustancias contaminantes al medio marino se presume; y, es más, tanto el artículo 144 N° 4 de la Ley de Navegación define lo que ha de entenderse por dicha sustancia, expresando que tal corresponde a “toda materia cuyo vertimiento o derrame este específicamente prohibido en conformidad al reglamento”.

En este sentido, el Reglamento para el Control de la Contaminación Acuática, supo regular específicamente aquellas actividades de vertimiento y descargas que, como disposición general se encontraban absolutamente prohibidas por la Ley⁴⁵³, a través de sus cinco títulos.

Sin embargo, debemos recordar que la Ley sobre Bases Generales del Medio Ambiente posee disposiciones respecto al daño ambiental en Chile, el cual no es precisamente similar al sistema que se aplica en el ámbito marino. Sin perjuicio de ello, este cuerpo legal establece en su artículo 52, que *“se presume legalmente la responsabilidad del autor del daño ambiental, si existe infracción a las normas de calidad ambiental, a las normas de emisión, a los planes de prevención o de descontaminación, a las regulaciones especiales para los casos de emergencia ambiental o a las normas de protección, preservación o conservación ambientales (...) Con todo, sólo habrá lugar a la indemnización, en este evento, si se acredita relación de causa a efecto entre la infracción y el daño producido”*.

En consecuencia, en vista de lo recién expuesto, la presunción que señala la Ley sobre Bases Generales del Medio Ambiente, tiene el carácter de ser una presunción infraccional, por lo que una vez acreditado el presupuesto, nada impide desvirtuar la presunción, probando que no existe una relación de causalidad entre la infracción y el daño producido.

6.3.4 Políticas dirigidas al cambio climático

6.3.4.1 Normativa sectorial sobre cambio climático

Durante el mes de junio de 1997, se llevó a cabo el Congreso Internacional de Derecho del Medio Ambiente, en la que participaron más de 50 académicos y expertos procedentes de Estados Unidos de Norteamérica, Canadá, Brasil, México, Argentina y Chile.

En el marco de dicho Congreso, el Profesor Raúl Aguilera (1997) expuso sobre el cambio climático⁴⁵⁴, señalando que esta situación, *“es en realidad, un problema de adaptación de la sociedad a las nuevas condiciones, con todos los costos económicos, culturales y ambientales que ello implica”*.

En este sentido, la importancia que le otorga el Profesor Aguilera (1997) al cambio climático es esencial, puesto que para él “el mar, por su parte, tiene una doble capacidad, en primer lugar, el agua tiene una alta capacidad térmica que evita que su temperatura cambie bruscamente, de hecho, los cambios térmicos que existen son resultado de las corrientes marinas y de sus cambios de velocidad, más que del calentamiento o enfriamiento causado por la radiación solar. Sin embargo, el mar también contiene extensas áreas vegetadas, que producen efectos de absorción y control, similares a los de la vegetación terrestre, se trata de las algas y del fitoplancton”.

En la actualidad, nuestro país no posee normas legales que regulen el Cambio Climático; sin embargo, en el mes de Junio del 2019, el Ministerio de Medio Ambiente presentó un Anteproyecto de Ley Marco de Cambio Climático, el cual persigue el ambicioso desafío de transformar a Chile en un país Carbono Neutral en el año 2050.

450 Véase Op. Cit. N° 110, p. 66.

451 Véase Op. Cit. N° 110, p. 53.

452 Artículo N° 144, N° 5, del D.L. N° 2.222 del 21 de mayo de 1978.

453 Véase Art.142°, inc 1°, del D.L. N° 2.222 del 21 de mayo de 1978 y nota 36, artículo 2°.

454 Véase, R. Aguilera H. 1997. El Clima, ¿Un Recurso Natural Transable? En el Libro Derecho del Medio Ambiente, Congreso Internacional, Fundación Facultad de Derecho, Universidad de Chile. Edit. Jurídica ConoSur Ltda. Pp.231-241.

El referido anteproyecto, establece, también, la obligación de desarrollar una estrategia climática de largo plazo que defina metas de reducción de emisiones por sector, las que permitirán cumplir con la meta nacional, e incluirá metas de adaptación al cambio climático.

Asimismo, establece la obligación de elaborar los planes de mitigación y adaptación, a cargo de diferentes ministerios, que permitan cumplir con las metas sectoriales a ser declaradas en la estrategia de largo plazo.

También, el anteproyecto dispone la obligación de incluir el cambio climático en los instrumentos de ordenamiento y planificación territorial (política nacional de ordenamiento territorial (PNOT), plan regional de ordenamiento territorial (PROT), estrategia de desarrollo regional y plan regulador comunal); a través de la evaluación ambiental estratégica.

En definitiva, la Ley que se pretende aprobar, persigue el establecimiento de principios, sistema de gobernanza, instrumentos de gestión y mecanismos de financiamiento adecuados, que permitan transitar hacia un desarrollo bajo en emisiones de gases de efecto invernadero, reducir la vulnerabilidad, aumentar la resiliencia y garantizar el cumplimiento de los compromisos internacionales asumidos por el Estado de Chile para hacer frente a los desafíos que impone el Cambio Climático.

No obstante lo expuesto anteriormente, cabe la duda respecto de lo vinculante que será la decisión que adopten los comité asesores y científicos que propone esta anteproyecto; así como también, que no el proyecto no especifica cómo este cuerpo legal se vinculará con otras leyes de importancia ambiental, como lo es la Ley sobre Bases Generales del Medio Ambiente, particularmente, en lo referente a la evaluación del impacto ambiental de los proyecto o actividades sometidos al SEIA.

6.3.4.2 Políticas institucionales sobre cambio climático

Desde el punto de vista institucional, en el año 2010 se creó el Ministerio del Medio Ambiente (MMA), mediante la Ley N° 20.417, la cual modificó la Ley N°19.300 sobre Bases Generales del Medio Ambiente. Esta norma legal, en su artículo 70, letra h, dispuso que “... **le corresponderá especialmente al Ministerio, el proponer políticas y formular los planes, programas y planes de acción en materia de cambio climático**”.

Concordante con el referido mandato, en el mismo año 2010, se creó la Oficina de Cambio Climático (OCC), bajo el amparo de la Subsecretaría del Medio Ambiente, la que a inicios de 2017 pasó a denominarse División de Cambio Climático (DCC), manteniendo sus responsabilidades originales pero con un mayor peso dentro de la estructura organizacional.

El Ministerio de Medio Ambiente consideró las competencias sectoriales que poseen otros órganos de la administración del Estado, haciéndolos partícipe del Consejo de Ministros para la Sustentabilidad (CMS), órgano de deliberación de la política pública y regulación general en materia ambiental, compuesto por el Ministro del Medio Ambiente, quien lo preside, y los Ministros de Agricultura, Hacienda, Salud, Economía, Fomento y Reconstrucción, Energía, Obras Públicas, Vivienda y Urbanismo, Transportes y Telecomunicaciones, Minería y Desarrollo Social.

Durante el año 2014, el referido Consejo acordó iniciar los trámites para llamarse “Consejo de Ministros para la Sustentabilidad y el Cambio Climático”, al que se incorporaría el Ministerio de Relaciones Exteriores, atendido su papel en la negociación internacional.

Posteriormente, en el 2016, se conformó la Agencia de Sustentabilidad y Cambio Climático, cuyo rol es fomentar la inclusión de la problemática de cambio climático y desarrollo sostenible en el sector privado a través de acuerdos público-privados y la ejecución de programas y proyectos, que aporten a la construcción de una economía baja en carbono y al cumplimiento de los compromisos de Chile en el acuerdo de París. Sus ámbitos de acción, son el fomento, emprendimiento, innovación, la implementación de acciones climáticas de mitigación y adaptación al cambio climático, las tecnologías para la mitigación y adaptación, el financiamiento de acciones de mitigación y adaptación y el desarrollo de capacidades.

En el Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático, el cual fue aprobado por el Consejo de Ministros para la Sustentabilidad, se planteó la necesidad de fortalecer la institucionalidad de cambio climático, proponiéndose una estructura operativa para la implementación del plan, que posee un enfoque intersectorial y territorial, encabezado por el antes señalado Consejo e incorporando al Equipo Técnico Interministerial de Cambio Climático (ETICC), y a los Comités Regionales de Cambio Climático (CORECC).

La señalada estructura operativa, considera un nivel central o nacional, la que estará constituida por los organismos actualmente existentes actualmente (CMS, Ministerio de Medio Ambiente y ETICC), pero, además, se incorpora, como nuevo elemento, un componente a nivel regional, el cual estará conformado por los Comités Regionales de Cambio Climático (CORECC), los que están presididos por los Intendentes Regionales, y los conforman representantes del Gobierno Regional (GORE), del Consejo Regional (CORE), de las Gobernaciones Provinciales, el Punto Focal de Cambio Climático de la SEREMI del MMA, delegados de las SEREMI y

servicios públicos de otros Ministerios miembros del ETICC y de la Agencia de Sustentabilidad y Cambio Climático, representantes de los Municipios y representantes del Consejo Consultivo Regional y de otras instancias participativas que decida cada CORECC.

La misión de cada Comités Regionales de Cambio Climático (CORECC), es promover la integración de la temática del cambio climático en las políticas públicas regionales, buscando la coherencia y posibles sinergias con las políticas nacionales, las Estrategias Regionales de Desarrollo y las políticas y actividades sectoriales regionales. Pero, además, deben incentivar la búsqueda de recursos regionales para el desarrollo de las medidas y acciones y para la cuantificación de impactos y mitigación, adaptación y creación de capacidades a nivel regional.

Por su parte, la División de Cambio Climático del Ministerio de Medio Ambiente, constituye la instancia encargada de proponer las políticas de cambio climático y de la coordinación de los Ministerios y entidades públicas respecto al cambio climático, cuyas funciones específicas, es la siguiente:

- Coordinar el Equipo Técnico Interministerial de Cambio Climático (ETICC),
- Ejercer como Autoridad Designada del Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL),
- Ejercer como Asesor técnico del Comité para la Negociación Internacional,
- Ejercer como Autoridad Designada para el Fondo de Adaptación,
- Ejercer como Punto Focal e las siguientes instancias internacionales:
 - Del Panel Intergubernamental del Cambio Climático (IPCC);
 - De la Red Iberoamericana de Oficinas de Cambio Climático,
 - Del Proyecto EUROCLIMA+,
 - De la Plataforma Online NAMA Registry,
 - De Clima y Aire Limpio para la Reducción de los Contaminantes de Vida Corta,
 - entre otras.

Para ello, la División de Cambio Climático se ha estructurado en tres Departamentos, un Departamento de Mitigación e Inventarios de Contaminantes Climáticos, Un Departamento de Adaptación al Cambio Climático y Desarrollo de Capacidades Climáticas, y un Departamento de Financiamiento y Negociación Internacional Climáticos.

Importante es destacar que, además de los departamentos propios de la División, actualmente dentro de ella se encuentra la Unidad Nacional de Ozono, la cual fue establecida en Chile desde el año 1993, la cual es la responsable del cumplimiento del Protocolo de Montreal y sus enmiendas⁴⁵⁵, apoyando al país mediante la implementación de proyectos de inversión y asistencia técnica, actividades de difusión pública, y elaboración o modificación de normativas.

Otras instituciones que llevan a cabo funciones de implementación de las políticas sectoriales y de representación del país en las instancias internacionales, en materia de cambio climático, son las siguientes:

- El Ministerio de Relaciones Exteriores, el cual representa el Punto Focal de Chile ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC). Además, debe convocar y coordina los puntos focales ministeriales y de la sociedad civil, para llegar a acuerdos de manera de presentar una posición homogénea frente a las instancias de la negociación internacional dentro del ámbito del cambio climático.
- El Ministerio de Agricultura, mediante el lineamiento de Fomento a la Agricultura Sustentable, es la mandatada a definir al cambio climático como uno de sus tres ejes de acción, para lo cual el 2014 constituyó el Comité Técnico Intra-ministerial para el Cambio Climático (CTICC), el cual es coordinado por la Oficina de Estudios y Políticas Agrarias (ODEPA), y con representación de las 12 entidades que conforman el Ministerio. Además, este Ministerio es el encargado de la implementación del Plan Nacional de Adaptación del Sector Silvo-agropecuario; integrando, también, la delegación de Chile en la negociación internacional que elabora el inventario de GEI del sector AFOLU bianualmente, entre otras funciones.
- La Agencias de Sustentabilidad y Cambio Climático, es un Comité de la Corporación de Fomento de la Producción (CORFO), que para todos los efectos es el sucesor del Comité Consejo Nacional de Producción Limpia (CPL), Punto Focal Nacional para

455 Chile ratificó el Protocolo de Montreal relativo a las Sustancias Agotadoras de la Capa de Ozono, mediante el D.S.(MINREL) N°238, publicado en el D.O. de fecha 28 de abril de 1990.

Tecnología, que cuenta con una “Acción de Mitigación Nacionalmente Apropriada” (NAMA), la cual está registrada ante el NAMA Registry de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) y que incorporó la cuantificación de las emisiones/capturas de GEI, como indicador de cumplimiento de los acuerdos de producción limpia (APL).

- Ministerio de Energía, el cual constituye el Punto Focal Técnico del proyecto PMR (Partnership for Market Readiness, Banco Mundial)⁴⁵⁶, cuyo objetivo es fortalecer la capacidad institucional, regulatoria e industrial para implementar instrumentos de precio al carbono (IPC) y un sistema robusto de Sistema de monitoreo para los instrumentos de mitigación al cambio climático (MRV), para captar co-beneficios transformacionales y facilitar un desarrollo bajo en carbono en el sector Energía.

Importante es destacar que, en el año 2015, el Ministerio de Energía publicó su Política Energética Nacional al 2050⁴⁵⁷, a través del cual se plantea que, al año 2035, más del 60% de la generación eléctrica nacional provendrá de energías renovables y, que al año 2050, al menos un 70% de la generación eléctrica nacional provendrá de energías renovables.

- Finalmente, el Ministerio de Hacienda, el cual es la Autoridad Nacional Designada de Chile ante el Fondo Verde para el Clima (GCF, por su sigla en inglés), fondo creado para ser un mecanismo de financiamiento de la CMNUCC, a través del cual se busca apoyar los esfuerzos de los países en desarrollo para limitar o reducir sus emisiones y ayudarlos a adaptarse a los efectos del cambio climático.

6.3.5. Conclusiones

En mérito de lo expuesto precedentemente, se pueden deducir las siguientes conclusiones con respecto a los factores e iniciativas jurídicas que se han descrito en este capítulo y que inciden en la gestión ambiental de los ecosistemas terrestres y marinos del borde costero:

- Nuestro país ha demostrado contar con una experimentada institucionalidad que ha administrado la zona costera y sus recursos, mediante el otorgamiento de concesiones marítimas, fluviales y lacustres; los que han evolucionado en una Política Nacional del Uso del Borde Costero, el cual sigue las tendencias internacionales para un apropiado manejo integrado de estos bienes nacionales y fiscales.
- Con la aparición de la nueva institucionalidad ambiental, creada a mitad de la década de los noventa, las iniciativas regulatorias que hasta ese momento se encontraban amparadas en los sectores muy puntuales de la administración del Estado, tendieron a consolidar el nuevo sistema de gestión ambiental producido para evaluar todos los proyectos o actividades que se instalarían en el borde costero nacional.
- Las principales modificaciones que experimentó la Ley General de Pesca y Acuicultura, como principal norma establecida para la explotación y conservación de los recursos marinos, han seguido esta tendencia dirigida a formar parte de la actual institucionalidad ambiental, a tal punto que, las facultades que poseía la actual Autoridad Pesquera para declarar parques y reservas marinas, hoy en día forma parte de las competencias de la Autoridad Ambiental.
- Algo muy similar a lo señalado anterior, ha experimentado la normativa que atañe a la gestión ambiental del medio ambiente acuático, en donde las autorizaciones o permisos ambientales sectoriales se han concentrado en un único instrumento de gestión ambiental, el Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental, en donde se canalizan todos los requerimientos demandados por las distintas organizaciones en un único acto, denominado Resolución de Calificación Ambiental.
- Sin embargo, aun cuando nuestro país ha demostrado iniciativas normativas destinadas a la protección y ordenamiento del borde costero, ésta no ha evolucionado de la misma forma que experimentó la regulación ambiental. Así, la institucionalidad para el uso del borde costero no ha obedecido una política que permita su regulación permanente e integral, ya que por ahora parece obedecer más a una finalidad sectorial, en donde yace restringida, lo cual ha restringido una necesaria planificación del borde costero, que esté adaptada a los requerimientos ambientales y de conservación de los ecosistemas marinos.
- Con respecto a las iniciativas regulatorias destinadas a enfrentar el problema del cambio climático, nuestro país carece de regulaciones sectorial o específica para esta problemática; sin embargo, en el 2019 se presentó un anteproyecto de Ley Marco y posee una Política, el cual ha incluido la participación de diversas instituciones públicas y privadas.

456 Véase, www.thepmr.org.

457 Véase, D.S.(MINENERGIA) N°148, publicado en el D.O. de fecha 29 de febrero de 2016.



CAPITULO 7

INFORME PAÍS ESTADO DEL MEDIO AMBIENTE EN CHILE
2018

7. MINERALES E HIDROCARBUROS

7.1 INTRODUCCIÓN

El objetivo de este capítulo es analizar críticamente el desarrollo y sostenibilidad ambiental de la minería en Chile, en un contexto mundial de creciente transición hacia energías renovables y electromovilidad.

Los objetivos específicos son:

- Analizar el estado de los recursos mineros y el impacto de la minería.
- Examinar el impacto ambiental de la minería de cobre y litio en el período 2000-2018.
- Discutir las oportunidades, riesgos e implicaciones ambientales de política pública en Chile considerando la transición mundial hacia energías renovables y la electromovilidad.

El periodo 2000 a 2018 comprendió tres ciclos económicos bien diferenciados y todos ellos determinantes en las políticas y eventos del país en los planos político, económico, social y ambiental. Además, siendo la industria minera chilena la más gravitante en el país tiene el imperativo de mejorar su competitividad para seguir creciendo en el futuro. El deterioro de la competitividad de la minería del cobre chileno significó pasar de ser la industria más competitiva del mundo en la década de los 90, a ser una minería de rentabilidad mediocre en la actualidad.

Superar las dificultades que enfrenta la minería chilena del cobre requiere políticas empresariales nuevas, de largo plazo, y que sean apoyadas por el Estado y no por un gobierno en particular. Muchos hablan de una “minería sostenible”, mientras que muchos otros piensan que cuando estas dos palabras están juntas, constituyen un oxímoron. La clave de la respuesta está en mirar los alcances integrales de la minería en el tiempo, sin quedarse atrapados en la pregunta de cuáles y cuántos son los efectos ambientales que la minería produce en el presente.

Este trabajo adjudica tres alcances para lograr que la minería contribuya efectivamente al desarrollo ambientalmente sustentable del país.

El primer alcance de la sustentabilidad es el desarrollo competitivo de la minería, cumpliendo con las normativas ambientales, socia-

les y económicas, brindando bienestar a la sociedad. Desde fines de la década de 1990 se fijaron metas de ir más allá de la producción, de las exportaciones y de las normativas adquiriendo una responsabilidad social con las comunidades.

Un segundo alcance de la sostenibilidad que puede generar la minería es asegurar que las generaciones futuras tengan la opción de un bienestar (estándar de vida, calidad de vida) al menos igual a las generaciones presentes, incluso en el caso que los recursos se agoten. Esto último puede suceder por sustitución del metal, por una reducción de la demanda a nivel global, o bien por la pérdida de competitividad de los recursos mineros nacionales. La pérdida puede originarse debido a la caída de las leyes de los metales como el cobre y el litio, a causa de que el Estado imponga obstáculos que no sea posible superar al desarrollo minero, o por falta de capacidad de gestión de las empresas que los explotan. Una combinación de estas causas determinaría seguramente la declinación de la minería chilena.

Además, se requiere lograr un tercer alcance, una política del Estado que reconozca estos objetivos y les asigne prioridad. De nada serviría que la minería creciera en producción si sus rentas cuantiosas fuesen invertidas en fines que no contribuyen a la sostenibilidad social y ambiental de largo plazo de la sociedad.

De acuerdo a las cuantiosas reservas y recursos de cobre, litio, y otros commodities minerales (USGS, 2019), el país debería ser capaz de continuar explotando estos recursos para generar bienestar a la población durante muchas décadas. Los cambios tecnológicos globales y la gestión de dichos recursos a nivel nacional podrían modificar esta situación en forma no esperada, como ocurrió con el descubrimiento del salitre sintético en 1914, el que terminó reemplazando al salitre chileno. Si bien la sustitución del cobre y del litio por otros materiales parece lejana en la actualidad, no puede descartarse que ella ocurra en las próximas décadas.

7.2 ESTADO DE LOS RECURSOS MINEROS Y EL IMPACTO DE LA MINERÍA

7.2.1 Factores naturales de envejecimiento de la minería

El más importante efecto del envejecimiento de las explotaciones de cobre de mina es la reducción de la concentración de cobre en la roca, también denominada ley de cobre, tratada en las plantas concentradoras y en las pilas de lixiviación, lo que genera un aumento de la cantidad de material que debe ser tratada en dichas plantas para mantener la misma cantidad de cobre producido. En la medida que la explotación va descendiendo en nivel respecto al nivel de partida, la ley o concentración de cobre en la roca tiende a reducirse. El grado de reducción de la ley con una profundidad creciente depende del yacimiento. En algunos de los grandes yacimientos de cobre chilenos se observa que dicha ley se reducirá poco con la profundidad en los próximos 20 años debido a que la ley de cobre está aproximándose al promedio que tiene en los yacimientos. Andina, Teniente y Chuquicamata están en este caso.

Mantener la producción requiere la ampliación frecuente de la capacidad de planta, lo que significa añadir inversiones y costos de operación considerables a las operaciones. Hay otros efectos, aparte de la reducción de la ley, que contribuyen al aumento de costos con el tiempo de explotación. El primero es el movimiento total de materiales, el que aumenta más que la cantidad de material enviado a plantas en las explotaciones a cielo abierto debido a la forma de cono invertido que tienen dichas explotaciones y que exige mover más material estéril por tonelada de material tratado en la medida que se profundizan los rajes. Esto último induce a tener crecientes distancias de transporte y mayores cantidades de energía y agua necesarias para producir la misma cantidad de cobre contenido. La mayor dureza de la roca encontrada en la medida que se profundizan las explotaciones es otro factor de aumento de costos en el tiempo, pues debe consumirse más energía para moler la roca.

En términos cuantitativos los conceptos anteriores se traducen en que la masa de relaves generados por las grandes minas¹ que producen concentrados en Chile creció 220% desde 2000 a 2018² (Cuadro 7.1), la misma cifra en que creció el movimiento total de materiales. La Ley de cobre de dichas minas se redujo en 28% en el mismo periodo (Cuadro 7.1).

Reservas de cobre y de litio

Uno de los indicadores de mayor relevancia que se analizan en el periodo 1999-2015 en la industria del cobre chileno es que el cociente entre las reservas de cobre (USGS³, varios años) y la producción anual de cobre (anuarios de Cochilco), aumentó desde 20 en 2000 a 29 en 2018 (Cuadro 7.1). Ello indica que los descubrimientos de nuevos yacimientos y la expansión de las actuales operaciones, sumado a las reservas añadidas debido a la instalación de nuevas tecnologías de extracción y procesamiento, y gracias al mayor precio del cobre,

- 1 Considera El Teniente, Los Bronces, Andina, Los Pelambres, Candelaria, Escondida, Esperanza – Centinela, Chuquicamata y Collahuasi, que representaban el 89% de la producción chilena de cobre contenido mediante este proceso en 2014 y el 90% en 2000.
- 2 Comparado con el aumento de un 25,3% de la producción de cobre contenido.
- 3 Servicio Geológico de los Estados Unidos.

creció en 93% en 18 años. Chile era en 2018 más rico en yacimientos de cobre que en 2000 a pesar de haber extraído 101,5 millones de toneladas de cobre contenido en estos años.

Hay que indicar, sin embargo, que las reservas de cobre de Chile se redujeron por primera vez en décadas en 2017 y 2018 (Cuadro 7.1). debido mayormente a la reducción del precio del cobre

Entre 2000 y 2018 Chile produjo el 32,6% del cobre de mina del mundo, tenía en 2018 el 20,5 de las reservas mundiales del metal y el 30,5% de los proyectos mineros⁴ de cobre conocidos en el mundo y que podían realizarse en los siguientes 30 años.

Dirigir la política sobre recursos no renovables (RNR) de esta manera trae aparejado un riesgo muy considerable a los países como es el peligro que los RNR puedan valer menos en el futuro debido a sustitución o baja demanda, o ambos, tal como ocurrió con el salitre en Chile y con el estaño en Bolivia, su mayor productor (Strauss, 1986).

La abundancia o escasez de un RNR es clave para determinar las políticas de las empresas, tal como quedó demostrado por el Club de Roma (Meadows et al, 1972), el que predijo que habría escasez de una buena variedad de metales en el futuro y elevó su precio. Las grandes empresas petrolíferas se lanzaron entonces a adquirir yacimientos en todo el mundo. De esta manera Exxon Minerals adquirió en 1974 Disputada de Las Condes y Shell adquirió el yacimiento Choquelimpie en la Región de Arica. Ya en la década del 70 quedó claro a nivel global, sin embargo, que el precio de los más importantes metales en el mundo iba en descenso real, indicando una mayor abundancia. Las compañías petroleras comenzaron a vender sus activos mineros.

Incluso el anuncio de mayor escasez de un RNR en el futuro puede iniciar la investigación en sustitutos, como se teme en la actualidad debido a los artículos publicados por diversos autores (Elshkaki et al, 2016; Comisión Europea, 2016; Northey et al, 2014). Estos autores han empujado la creación de una comisión del Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente con objeto de diseñar políticas globales que aborden la futura escasez del cobre y su exigencia creciente por energía. No todos los autores concluyen lo mismo, sin embargo, como es evidente de las publicaciones de Mudd (2013), Tilton (2007 y 2014), y de Lagos (2014).

En cuanto a las reservas de litio, el USGS reportaba que Chile tenía el 31,9% del total global, mientras que en 2018 esta cifra había aumentado a 57,1%. A pesar de ser el primer productor mundial de este metal durante casi todo el periodo 2000-2018, Chile incrementó las reservas en 2,7 veces. Y la inmensa mayoría de dichas reservas se encuentran ubicadas en un solo yacimiento, el Salar de Atacama.

7.3 LOS TRES CICLOS ECONÓMICOS DEL COBRE CHILENO

7.3.1 Los ciclos y el superciclo

En el periodo 2000-2018 se cumplieron tres ciclos económicos. Primero la crisis asiática que comenzó a fines de 1997 y cuyas secuelas terminaron en Chile en 2003. Segundo el superciclo de los commodities, que comenzó en 2004, llegó a su máximo rendimiento en 2007, fue interrumpido durante doce meses por la crisis financiera global de 2008, y alcanzó el máximo precio de los commodities en 2011. A partir de dicho año la economía de los commodities cayó sistemáticamente hasta 2016, en que se comenzó a recuperar tras la elección del Presidente Trump en noviembre. De ahí los commodities subieron de precio en forma pronunciada hasta el 22 de enero de 2018 en que la Reserva Federal de EEUU subió la tasa de política monetaria. Dos meses después el Presidente Trump comenzó la guerra comercial, primero imponiendo tarifas al acero y al aluminio y a partir de abril 2018 extendió la guerra a otros bienes importados desde China. El 22 de junio declaró la guerra a Europa, Canadá, México y otros países, mediante una serie de tweets que envió desde el avión presidencial al dejar la reunión del G7 en Montreal. El cobre que había recuperado su precio de más de 300 c/lb desde fines de 2017, se derrumbó nuevamente a niveles de 270 c/lb, donde se mantuvo con bastante volatilidad desde entonces a esta fecha.

Estos tres ciclos tuvieron consecuencias muy distintas en Chile. El país no diversificó sus exportaciones en este periodo. En 2000 el cobre representaba el 37,9% de las exportaciones de bienes de Chile, en 2011 esta cifra fue 53,6% y en 2018, terminado el superciclo, fue 49,1% (Cuadro 7.1).

Las exportaciones de cobre perdieron poco más de 10 puntos porcentuales de participación en el periodo con respecto a las exportaciones mineras. En 2000 las exportaciones de cobre eran el 91% de las exportaciones mineras del país, en 2011, cima del superciclo, era 86%, y en 2018, esta cifra había disminuido a 79,2%. Ello se debió al elevado precio de otros commodities producidos por el país durante y al fin del superciclo: el hierro, el molibdeno y el oro (Cuadro 7.3).

4 Que superaban las 50 mil toneladas de cobre contenido por año.

En 2000 las exportaciones de litio representaron 0,7% con respecto a las de cobre. En 2011, auge del superciclo, este cociente era de 0,46%. Y en 2018, ya terminado el superciclo del cobre, y en el auge del litio, el cociente era 2,6% (Cuadro 7.8). Estas cifras revelan que la importancia del litio surge a partir de su presencia en baterías de vehículos eléctricos y artefactos electrónicos y no por el volumen de exportaciones de Chile. De hecho, desde 2000 a 2018 hubo un fuerte contraste en la producción, en los indicadores de impacto, y en las políticas públicas de las industrias de cobre y litio en el país.

La producción minera del cobre chileno creció 9,2% anualmente entre 1990 y 2004, pasando desde 1,58 a 5,43 millones de toneladas de cobre, y entre 2004 y 2018 creció 0,5% anual en promedio, llegando solo a 5,85 millones de toneladas en el último año. En cambio, la producción de litio aumentó 2,5 veces entre 2000 y 2018 (Cochilco 2019; Minería UC, 2019) debido al aumento de la demanda global y a la capacidad de producción de las dos empresas que extraen este metal en el Salar de Atacama (Cuadro 7.8).

El superciclo (2003-2013) dejó a Chile numerosos beneficios y a la vez males que es importante analizar. Entre los beneficios económicos más importantes del período se cuentan el pago de toda la deuda externa chilena, el cumplimiento de las metas estructurales de crecimiento, la creación de los dos fondos soberanos, el de pensiones y el de estabilización económico social, y el crecimiento del presupuesto fiscal en 11,7% anual real, desde 22,3 mil millones de dólares (moneda 2018) en 2003 a 59 mil millones en 2013 (Cuadro 7.3).

El aporte total de la minería del cobre (incluyendo Codelco, Enami, las mineras privadas GMP-10 y las no GMP-10) al presupuesto Fiscal, de acuerdo a la Tesorería General de la República, fue de 105 billones de dólares moneda 2018 entre 2000 y 2018, constituyendo un 12,3% del total del gasto del Fisco. Codelco contribuyó con 58,7% del total de la minería (Cuadro 7.3).

El crecimiento promedio del PIB per cápita del país, medido en dólares constantes de 2011 con poder compra paritario fue 4,4% anual, avanzando desde 14.281 US\$/capita a 21.219 US\$ 2011 ppp/cápita, entre 2003 y 2012, según el Banco Mundial (superciclo). El crecimiento durante la crisis asiática había sido 1,4% anual. El crecimiento post superciclo, desde 2012 a 2018, fue paupérrimo, solo 0,82% anual (Cuadro 7.3).

La creación de los dos fondos soberanos en 2007 creó una sensación de seguridad en el país, la que posiblemente no se había producido nunca antes. Por primera vez había ahorros del Estado que llegaron a constituir más de 10% del PIB en el año de su creación.

Esta riqueza la pudo apreciar el público en 2009 cuando el primer Gobierno de la Presidenta Bachelet utilizó 9 mil millones de dólares de estos fondos para paliar la crisis financiera global que se había producido menos de un año antes, haciendo subir su popularidad a más de 80%. Chile pudo navegar las turbulencias de esta crisis en mejor forma que la gran mayoría de los países OECD. El superciclo había creado no sólo una sensación de riqueza, sino que muchos, posiblemente la mayoría, pensaron que esto era permanente y que era un derecho adquirido del país. Los salarios de los trabajadores mineros aumentaron mucho más que el promedio de las remuneraciones de los chilenos, los que también crecieron en forma importante. Subió el nivel de vida de los chilenos y creció la clase media.

Al mismo tiempo los males del superciclo fueron numerosos. La apreciación del peso chileno respecto al dólar impidió una mayor expansión de industrias exportadoras de otros recursos naturales, hubo fuerte competencia por empleo entre la minería y la agricultura. Bajó fuertemente la productividad de la minería y el país se hizo mucho más caro para nueva inversión minera. Los trabajadores mineros lograron contratos colectivos con muchos incentivos los que han demostrado ser perversos para el progreso minero después del superciclo y es probable que la minería se demore al menos una década en desarmar dichos incentivos e instalar incentivos para aumentar la productividad. El país y en particular sus líderes políticos leyeron equivocadamente los beneficios del superciclo creyendo que estos continuarían para siempre.

7.3.1.1 Rol y evolución de CODELCO

Desde la perspectiva de la política pública, Codelco sufrió dos transformaciones importantes entre 2000 y 2018. La primera fue la creación de la ley de Gobierno Corporativo que se aprobó en 2010 y que le permite a esta empresa una gobernabilidad acorde con sus necesidades actuales, y el segundo fue que por primera vez los diversos gobiernos desde 2009 comenzaron a autorizar en forma mucho más sistemática que antes la reinversión de la utilidades de la empresa con el propósito de realizar las inversiones estructurales que le permitirían mantener la producción minera durante los siguientes 40 años.

A partir de 2014 se pudo apreciar que dos de los mayores logros fueron, posiblemente, ordenar el directorio, relegar la práctica que los directores dieran entrevistas a la prensa con sus puntos de vista particulares, y segundo, establecer una delimitación de funciones y una conversación fluida con el Presidente Ejecutivo. La empresa pasó de ser un ente con dos o más opiniones a ser una institución con una sola opinión, un solo norte estratégico, político y técnico. Por lo menos hacia afuera. Se unificó la mirada del directorio y, posiblemente, también la del país, respecto al futuro de la empresa. Lo que dejó el período de 2014-2018 fue una empresa bien distinta de la que encontraron.

A principios de 2014 había aún una empresa cautivada con la lógica del superciclo, con muchas aspiraciones de grandeza, con proyectos de inversión gigantes, pero con escaso capital y mucha deuda, con muy baja productividad, altos costos, relaciones laborales conflictivas, con procedimientos mucho menos transparentes que los que imperan en la actualidad, y con esperanzas de estabilidad laboral y grandes reivindicaciones económicas por parte de su personal.

El fin del superciclo que había comenzado su franco retroceso ya en 2012, aún no era entendido ni menos aceptado por el país en 2015. La crisis de la bolsa de Shanghai en julio 2015 y su catastrófico efecto sobre el precio de los commodities termino de convencer a muchos que el superciclo se había terminado. Algunos sectores sindicales de Codelco y del resto del país no entendieron esto hasta agosto 2016, cuando el precio estaba por el suelo. De hecho, no había ni siquiera caja en la empresa y debido a l bajo precio y del alto endeudamiento, por primera vez en su historia Codelco debía recurrir masivamente a sus líneas de crédito para pagar sus obligaciones operacionales. Entre 2004 y 2017 se había sub invertido fuertemente y se había elevado la deuda en casi tres veces, desde 4.900 US\$ millones en 2004 a 14.200 en 2016 US\$ millones (moneda 2017), lo opuesto que había que hacer en tiempos de precios altos. Ya en 2014 estaba claro que la deuda no podría seguir creciendo.

Al mismo tiempo, el ajuste de motor que Codelco requería había comenzado mucho antes, pero había avanzado lentamente e incluso se había estancado en algunos periodos, y estaba lejos de terminar. Ya en 2010 se decía que había que invertir, so pena de reducir fuertemente la producción y por ende también la competitividad de la empresa. Pero el Estado no se había alineado con esta idea hasta 2014 con una tímida ley de capitalización que otorgó 17% de los recursos que la empresa necesitaba para inversión hasta 2019. Si bien esta Ley permitió mantener a raya la deuda entre 2014 y 2018 a pesar del menor precio del cobre, exigió también la revisión y recorte de todos los proyectos de inversión.

7.3.2 Políticas públicas e impactos ambientales.

Intentar medir el cambio del medio ambiente desde una perspectiva científica técnica como producto de la actividad minera no solo es complejo, sino que es insuficiente en la actualidad. Tan importante como los cambios medibles con métodos establecidos en el medio ambiente es considerar las demandas percibidas y exigidas por la población, las que han cambiado mucho más rápidamente que el medio ambiente mismo en la última década en Chile. El impacto ambiental está compuesto no sólo por variables objetivas y medibles, que pueden denominarse ambientales, sino que por variables perceptuales, las que dependen del juicio que hacen las personas y los reguladores (Slovic, 1987; Slovic et al, 1991). La ocurrencia de tres ciclos económicos desde 2000 a 2018 generó efectos bien dispares en las demandas socio ambientales de los chilenos.

En 1997, junto al comienzo de la crisis asiática, comenzaba la aplicación de la Ley 19.300 de Bases del Medio Ambiente, que había sido dictada en 1994 al fin del gobierno de Patricio Aylwin y que tuvo la filosofía de realizar cambios ambientales para proteger el medio ambiente en forma gradual y en la medida de lo posible, de acuerdo al mensaje del Presidente de la República que acompañó el envío de la Ley al Congreso Nacional. La Ley buscaba no llenarse de normativas y leyes incumplibles, sino que crear planes y normas viables.

La minería venía realizando estudios y evaluaciones de impacto ambiental desde 1994 en forma voluntaria y aunque algunos de esos estudios fueron testimoniales, sirvieron de base despues para la aplicación formal de la Ley. La minería fue pionera de las industrias chilenas en la aplicación de las nuevas normativas ambientales a principios de los 90. La minería perdió este rol de liderazgo a fines de la década de los 90.

Chile contaba en 1997 con tan poca información sobre su territorio que el peso de levantar la información ambiental para elaborar las líneas base de los Estudios de Impacto Ambiental (EIA) recayó en las empresas mandantes de los proyectos de inversión. Además, no había jurisprudencia sobre lo que debían contener los estudios de impacto ambiental, ni qué era importante evaluar, ni qué impactos era necesario colocar en los primeros lugares de prioridad. Los servicios del Estado carecían en 1997 del conocimiento básico sobre la protección del medio ambiente y la salud.

En los 22 años transcurridos desde el inicio de la Evaluación de Impacto Ambiental por parte del Estado, primero la Comisión Nacional del Medio Ambiente, Conama, y posteriormente el Servicio de Evaluación Ambiental, formaron un cuerpo de profesionales con conocimiento ambiental y de salud que pueden evaluar más robustamente los numerosos EIA que son presentados en todo el país. En este período la organización del Estado en torno al manejo ambiental se modificó profundamente, primero con la Ley de Bases del Medio Ambiente en 1994, y posteriormente con la dictación de la Ley 20.417 en 2010 modificatoria de la Ley de Bases. Esta Ley dio origen a nuevas instituciones, entre ellas el Ministerio del Medio Ambiente, el Servicio de Evaluación Ambiental, la Superintendencia Ambiental y los Tribunales Ambientales. Se crearon también numerosas normas de calidad, planes de descontaminación y de prevención. Al mismo tiempo que ocurrían estos avances, el país se hizo más rico con respecto a 1997, aumentando el PIB per cápita medido en moneda constante en 68,3%, dejándolo en 2018 a las puertas de niveles económicos que son considerados de países desarrollados.

Desde 1997 a 2004 el promedio de tiempo de evaluación de los nuevos proyectos mineros fue en promedio 209 días (Zegarra, 2016). El progreso económico y social del país junto a bajos índices de desempleo (Meyer, 2016) llevó a su población a ser mucho más exigente en la protección del medio ambiente después de 2004. Un mayor número de normativas ambientales y las exigencias del personal del SEA llevó a aumentar el periodo de evaluación de estos nuevos proyectos mineros a 850 días en 2015. Según la Tesis de Zegarra, la duración de las evaluaciones estaba directamente correlacionada con el número de preguntas formuladas por la autoridad ambiental al mandante. El análisis de los 39 nuevos proyectos mineros que se consideró en el estudio llevó a concluir que la prolongación del periodo del tiempo de las evaluaciones no se debió a la complejidad ni tamaño de los proyectos, sino a los otros factores indicados.

Es importante agregar que la duración promedio de los proyectos mineros de cobre es la más alta entre todos los proyectos mineros del mundo. Esta alcanzaba más de 11 años entre el momento en que se realiza la ingeniería de perfil y la puesta en marcha de los proyectos, superando en 22% a su seguidor más cercano, el hierro (CRU, 2014). Si bien lo que afecta a los proyectos mineros de cobre es un fenómeno global no hay que olvidar que más de un tercio de los proyectos nuevos en los últimos 25 años se han llevado a cabo en Chile. Proyectos que toman más tiempo cuestan más, lo que significa que Chile ha tenido un impacto muy significativo en el encaucamiento de los proyectos mineros de cobre, y consecuentemente en la pérdida de competitividad. No existe evaluación de cuanto contribuyó a proteger el medio ambiente este aumento de 407% en la duración de la evaluación los EIA por parte de la autoridad.

A la vez el número de recursos de protección y causas administrativas que terminaron siendo resueltas negativamente tanto en la Corte Suprema como por el Consejo de Ministros creado por la Ley 20.417 fue importante desde 2012 en adelante (Fallo de la Corte Suprema sobre Central Termoeléctrica Castilla, 28-08-2012; Fallo Corte Suprema sobre proyecto El Morro, 8-10-2014; Fallo Corte Suprema sobre el tranque de relaves El Mauro, 21-10-2014). Estos tres casos fueron fallados debido a la oposición de comunidades aledañas a estos tres proyectos. En el caso de la Central y Puerto Castilla, ambos muy importantes para la minería, fue la pequeña comunidad de Totoral ubicada a unos 20 km al suroeste de la Central/Puerto, con menos de 200 habitantes, la que no alcanzó acuerdo con el proyecto y determinó, en última instancia, el fallo de la Corte Suprema. En el caso de El Morro, fue la Comunidad Agrícola “Los Huasco Altinos”, de origen Diaguita, la que causó, en dos ocasiones, la invalidación del RCA del proyecto por parte de la Corte Suprema. En el caso del tranque El Mauro, perteneciente a la empresa Minera Los Pelambres, fue una parte de la comunidad de Caimanes, situada a 8 km aguas abajo del tranque, con población total de 1.200 personas, la que logró un fallo de la Corte Suprema en 2014 que permitió, en definitiva, que ese grupo de la comunidad obtuviera compensaciones por parte de Minera Los Pelambres. Finalmente, la evaluación del EIA del Proyecto Dominga, que produce hierro y cobre en la Región de Coquimbo, y sus secuelas administrativas, lleva ya seis años (desde septiembre 2013) y su decisión se encontraba en la Corte Suprema al momento de publicar este trabajo.

El mensaje entregado por la Corte Suprema en estos casos, salvo el de Dominga, desde 2012 en adelante fue clarísimo. En todos los casos en que un proyecto, no importando sus dimensiones, tuviese discrepancias con las comunidades vecinas, aunque estas fueran exigüas en población, se respetaría el derecho de estas últimas, consagrado por la Constitución⁵. En el caso de Castilla se suspendió en forma definitiva el proyecto, en el caso de Los Pelambres se llegó a una negociación con la comunidad, y en el caso de El Morro quedó sin resolverse ya que la comunidad “Los Huasco Altinos” se negó a discutir el tema incluso con el mediador que fue la Conadi. La empresa Goldcorp decidió unir fuerzas al proyecto Relincho de la minera Teck, creando el proyecto Nueva Unión, el que aprovecharía las sinergias productivas y ambientales que significaría realizar ese proyecto en conjunto, construyendo una sola concentradora, una sola planta desaladora, un solo puerto, una sola línea de transmisión, un solo tranque de relaves. Los ahorros en inversión, costos de operación uso de territorio, y contaminación son mayúsculos.

El enfoque de aprovechar las sinergias existentes entre proyectos mineros ha sido utilizado en forma reducida hasta ahora. Esta materia fue objeto de la Tesis de Magíster de Gerardo Osorio (2018) el que estimó los costos y beneficios económicos, ambientales y de superficie que podrían generarse si se concretan acuerdos estratégicos entre tres proyectos mineros en la Región de Antofagasta, específicamente El Abra, Spence, y Radomiro Tomic. Se evaluó el uso de una sola planta concentradora, un tendido eléctrico, un solo medio de transporte de mineral y de concentrados, un solo tranque de relaves y una sola planta solar fotovoltaica. El resultado del escenario de sinergia total fue un ahorro de 33% en el capital de inversión, de 32% en el uso de territorio, y un 66% en la emisión de gases efecto invernadero (GEI).

Es evidente que la sociedad y el medio ambiente se beneficiarían si el Estado impusiera una política y medidas de incentivos para aprovechar las sinergias que existen entre las empresas mineras, especialmente en aquellas regiones que hay una alta concentración de operaciones mineras. Ello haría más competitiva a la minería chilena y potenciaría el crecimiento de la inversión y de la producción en el futuro.

5 El derecho a vivir en un medio ambiente libre de contaminación. Es deber del Estado velar para que este derecho no sea afectado y tutelar la preservación de la naturaleza. Artículo 8 de la Constitución de Chile.

En otro plano, la Superintendencia Ambiental comenzó a fiscalizar la aplicación de las Resoluciones de Calificación Ambiental, RCA, cuestión que no se había hecho antes. El resultado fue, obviamente, la identificación de muchos incumplimientos por parte de las empresas mineras, las que habían firmado los RCA en tiempos en que prácticamente no había fiscalización. Es tal vez por ello que dichos cuerpos legales (RCA) escritos con anterioridad a la dictación de la Ley 20.417 son un ejemplo de documentos de muy mala calidad, muchas veces sin estructura ni redacción entendible y con centenares de medidas de cumplimiento, muchas de las cuales carecerían de importancia efectiva en términos de su potencial para minimizar, eliminar, prevenir y reducir impactos ambientales.

Este breve análisis indica que es importante medir los impactos ambientales que ha tenido la industria minera del cobre desde 2000, pero también que es crucial que se considere el efecto a nivel global que se ha generado por las mayores exigencias que se la ha impuesto a los grandes proyectos mineros y energéticos en el país. Esto último quedó demostrado en el estudio de la UC sobre escenarios de desarrollo de la minería entre 2015 y 2035 (UC, 2016), en que se concluye que cuando se retrasa la entrada en operación de proyectos mineros de cobre chilenos, el precio debiese subir porque los proyectos chilenos son más competitivos que sus competidores de otras partes del mundo.

Retrasar la entrada en operación de proyectos mineros no es neutral para la economía chilena, sino que reduce la inversión, el empleo, la producción futura, el pago de impuestos, las exportaciones, y el crecimiento del PIB.

7.3.3 La energía, agua y gases efecto invernadero.

El impacto ambiental generado por la extracción de litio desde el Salar de Atacama provocó un debate intenso durante este periodo y es un aspecto en que se ha propuesto que el Estado cree una agencia para proteger en el futuro los salares frente a la explotación de sus sales. Las dos compañías involucradas llegaron a un acuerdo en 2018 para monitorear conjuntamente el Salar, cuidando que no se genere una reducción en los niveles del acuífero y que sea posible seguir extrayendo litio y otras sales en el futuro. El nivel del acuífero es fiscalizado frecuentemente por la Dirección General de Aguas. El KCl producido en el Salar de Atacama casi triplicó su producción en el periodo llegando a 1,57 millones de toneladas en 2018 (Cochilco, 2019). Cabe indicar que el KCl es un coproducto en la producción de litio. También es fiscalizada la extracción de agua fresca. Estas materias continúan siendo origen de desacuerdos.

En cuanto a la minería del cobre, se encontró estadísticas sobre consumo de agua en 2000 y a partir de 2009 (Cuadro 7.6). En 2009, el 2% del consumo provenía de agua de mar, y el resto provenía de agua fresca. En 2018, en cambio, este valor había aumentado a 23% y después hay proyectos comprometidos que permitirían elevar este valor a 33,5% en 2020 (Lagos et al, 2016). En síntesis, había reconocimiento por parte de autoridades y empresas que el agua fresca disponible en las regiones de Tarapacá, Antofagasta y Atacama estaba sobre explotada, por lo que muchos de los nuevos proyectos mineros contemplaban utilizar agua de mar.

Respecto a la eficiencia del uso del agua, esta fue aumentada debido a la mayor recuperación de agua en los diversos procesos, y en particular, de los relaves. La caída de la ley de cobre resultó, sin embargo, en una mayor utilización de agua por tonelada de cobre contenido desde 73,6 m³ de agua/ton de cobre contenido en 2009 a 93 m³/ton de cobre contenido en 2018.

La minería del cobre consumió en promedio el 33,8% de la energía eléctrica generada en el país entre 2000 y 2018 (Cuadro 7.4), mientras que entre 2001 y 2016 emitió el 15,8% de los gases efecto invernadero (GEI), de los cuales el 36,7 correspondió al consumo de diésel, y 63,3% al consumo de electricidad (Cuadro 7.5). La energía por tonelada de cobre producido creció desde 2,8 MWh en 2000 a 4,5 MWh en 2018, debido a los factores naturales de envejecimiento de los yacimientos, es decir menor ley de cobre, mayor distancia de transporte, mayor profundidad y mayor dureza de la roca (Cuadro 7.5).

Por otra parte, la matriz de producción de energía se hizo marginalmente más dependiente de los combustibles fósiles (50,7% en 2000 y 54,3% en 2018) debido al bajo aporte de nuevas centrales hidroeléctricas y de energías renovables no convencionales lo que explica el aumento tan importante de la emisión de GEI, a pesar que las energías solar y eólica crecieron desde cero en 2000 a 11,4% en 2018 (Cuadro 7.4).

7.3.4 Tranques de relaves.

En 2019 había 15 depósitos que almacenaban el 96% de los relaves de Chile. Ellos eran los depósitos de Collahuasi, Codelco Norte (Talabre), Centinela, Sierra Gorda, Escondida (Laguna Seca), Salvador (Pampa Austral), Caserones, Candelaria, Punta del Cobre, Andacollo, Pelambres (El Mauro), El Soldado, Andina (Ovejería), Los Bronces (Las Tórtolas), y Teniente (Carén). En los próximos años se inaugurarán dos nuevos grandes tranques de relaves, el de Spence y el de Quebrada Blanca. Entre los tranques mencionados, el de Punta del Cobre debe obtener un permiso ambiental debido a la necesidad de ampliar su capacidad. Se hace necesario incorporar

importantes cambios regulatorios para la construcción de nuevos tranques de relaves, e incluso para algunos tranques existentes, especialmente en la macrozona central de Chile comprendida desde Coquimbo al sur.

Los tranques de relaves son la mayor vulnerabilidad ambiental de la minería del cobre porque es evidente que generan inquietud en la sociedad debido a los numerosos riesgos que originan. Si bien el programa Alta Ley en conjunto con Corfo han establecido varios programas para avanzar en nuevas tecnologías sería importante colocar mayores recursos en esta área. Ello redundaría en reducir sustancialmente el uso del agua, la potencial contaminación de napas, la contaminación aérea generada por las partículas y por los potenciales riesgos de derrumbe que tienen ante eventos sísmicos, aluviones y erupciones volcánicas, riesgos naturales presentes permanentemente en Chile.

Los eventos que han afectado a tranques de relaves en Chile se limitan, en el último medio siglo, a tranques de pequeña dimensión que estaban en estado de abandono. El último incidente en un tranque de relave de mayor tamaño en Chile ocurrió en 1987 en la mina Disputada de Las Condes, y se debió al bloqueo del túnel de derivación de agua provocado por una crecida. Esto causó el cuasi desborde del Tranque Pérez Caldera Nº1, con potenciales consecuencias desastrosas para la ciudad de Santiago. La consecuencia regulatoria más importante que emergió de este evento fue la prohibición de construir tranques en cajones cordilleranos, tales como los que tenían las minas del Teniente, de Andina y del Indio, antes que se construyeran los tranques de Carén, Ovejerías, y Las Tórtolas, pertenecientes a Teniente, Andina, y Disputada, respectivamente.

Estos dos tranques fueron construidos en valles en donde la probabilidad de derrumbe era menor. Por otro lado, Carén estaba en la cuenca de un pequeño curso de agua, mientras que Ovejería y Las Tórtolas se situaron en cuencas cerradas sin cursos de agua. El evento del Tranque Pérez Caldera forzó a la compañía (Exxon Minerals) a negociar con la agrupación de vecinos de El Arrayán, en el alto Santiago, y concluir que evacuaría los tranques Pérez Caldera existentes vía un túnel que conducía los relaves al valle al norte de Santiago a un nuevo tranque de relaves. La única forma de financiar esto era la ampliación de la mina Disputada (hoy Los Bronces) con la construcción de una nueva planta concentradora y depósito de relaves, Las Tórtolas.

El tranque de relaves Pérez Caldera comenzó su operación en 1936. Este tranque se localiza a 2800 m.s.n.m. en la cuenca del río San Francisco, el cual desemboca en el río El Arrayán (en las afueras de Santiago), el que finalmente se junta con el río Mapocho en Santiago. En 1978 cuando el tranque había alcanzado su máxima capacidad, comenzó la construcción del tranque Pérez-Caldera 2, continuo al primero pero localizado más abajo en el río San Francisco. Se construyó un segundo túnel de desvío para el río San Francisco (el primero fue para el Pérez-Caldera 1), así el río debía correr en forma paralela al tranque. En 1987 se comenzó la construcción de un segundo túnel, el Ortiga, con el objeto de tener una alternativa de emergencia en el caso de que el túnel San Francisco se bloqueara. Sin embargo, antes que el túnel Ortiga estuviera terminado, los excesivos deshielos primaverales de ese año bloquearon el túnel San Francisco impidiendo el desvío de este río.

Como consecuencia, el tranque Pérez-Caldera 2 almacenó más de 300.000 m³ de agua en 5 días. La cota superior de agua llegó a cerca de 45 cm. del borde del tranque amenazando la ciudad de Santiago. En el caso de haber ocurrido un accidente, el agua habría bajado por el río San Francisco desde una altitud de 2.800 m.s.n.m. a una de 1.000 m.s.n.m. en el cual se ubica El Arrayán. Si el riesgo de que esto pasara, a pesar de las precauciones tomadas, fue real o no, el público percibió que este tranque no debía estar ahí, dado que en cualquier momento un terremoto o cualquier otro fenómeno natural podría provocar consecuencias catastróficas en la ciudad de Santiago. Sin embargo, el hecho fue que la construcción de ambos tranques había sido autorizada por el Estado de Chile y sólo quedaba la opción de evacuar el contenido del tranque para eliminar el riesgo. Por decisión estratégica o por las circunstancias del caso, la Compañía Minera Disputada de las Condes decidió realizar un plan de expansión de los Bronces en ese periodo. Este plan incluyó la construcción de un nuevo tranque, denominado “Las Tórtolas”, para destinar los relaves del proceso de expansión.

Este tranque se ubica en la provincia de Chacabuco colindante a las comunas de Colina, Lampa y Til Til, por lo que fue necesario construir un relave-ducto para transportar los desechos. De esta manera se hacía factible evacuar los relaves desde el Pérez-Caldera a un lugar más seguro con costos más razonables. El proceso de re-pulpeo incluyó la construcción de un segundo ducto desde el Pérez-Caldera hasta Las Tórtolas. La compañía minera rápidamente llegó a un acuerdo con la comunidad de El Arrayán quienes habían presentado una demanda en los tribunales locales. El acuerdo logrado fue que el Pérez-Caldera debería ser evacuado en un cierto periodo acordado siguiendo el calendario de expansión de Los Bronces.

El accidente de un tranque de relaves de mayores consecuencias para la vida humana en Chile fue originado por un derrumbe debido al terremoto del 28 de marzo de 1965 con epicentro en La Ligua, el que tuvo una magnitud de 7,1 en la escala de Richter. En esa ocasión se derrumbó el Tranque El Cobre Nº 1, perteneciente a la mina El Soldado, ubicada en la comuna de Nogales, 130 kilómetros al norte de Santiago. El millón de metros cúbicos de relave almacenados se desbordó, causando la muerte de un estimado de 200 personas que vivían en el pueblo del mismo nombre aguas abajo. Este terremoto generó también el derrumbe de varios tranques de la zona de

Petorca con desastrosas consecuencias para el medio ambiente. A raíz del accidente de El Cobre se modificó la normativa geotécnica y general de construcción de tranques de relave.

El 24 de enero de 2019 ocurrió el derrumbe del tranque de Brumadinho, ubicado en el estado brasileño de Minas Gerais, causando la muerte de más de 200 personas. Antes, en 2016, este mismo Estado había sufrido el derrumbe del tranque de Samarco. El derrumbe de este tranque, perteneciente a una explotación de hierro propiedad de las empresas Vale y BHP Billiton, generó una ola de siete millones de metros cúbicos de residuos minerales (níquel, sílice y hierro), mezclada con otros 55 millones de metros cúbicos de agua, causando estragos ambientales en una extensa zona y la muerte de 19 personas.

Estas dos tragedias generaron una reacción mundial en busca de acciones para evitar nuevos accidentes, iniciando la llamada Mining and Tailings Safety Initiative. La Iglesia Anglicana del Reino Unido, cuyo fondo de pensiones figura en el lugar número uno entre los inversores en la Bolsa de valores de Londres, anunció el 5 de abril 2019 que requería “full disclosure” sobre el accidente de Brumadinho dentro de 45 días. De no haberlo, retiraría inversiones en empresas que tuvieran operaciones de relaves no certificadas por terceros. La misma exigencia se extendió a todo tipo de tranques de relaves. Este anuncio fue firmado por un grupo de unos 100 fondos de inversión a nivel global que manejan más de 12,5 trillones de dólares, poco más del 14% del producto interno bruto del mundo.

Los hechos descritos generan una gran presión para las empresas mineras chilenas.

7.3.5 Las fundiciones de cobre.

Chile tiene siete fundiciones de cobre, cuatro pertenecientes a Codelco (Chuquicamata, Potrerillos, Ventanas y Caletones), una a Enami (Hernán Videla Lira, HVL), y dos privadas, Altonorte, perteneciente a Glencore, y Chagres de Anglo American. La última fundición en construirse, en 1993, fue la de Altonorte, anteriormente llamada Refimet. De estas fundiciones hay dos que son independientes, Altonorte y HVL, es decir que no pertenecen a compañías mineras que tienen comprometido fundir sus concentrados en ellas.

El Cuadro 7.7 muestra que la producción de cobre total de estas instalaciones se mantuvo relativamente constante entre 2000 y 2018, a pesar de la reducción de capacidad de la fundición de Chuquicamata la que en 2015 produjo el 75% de la producción máxima lograda en 2001, y la fundición de Potrerillos la que redujo su producción a la mitad desde 2005 (Incomare, 2019). En 2001 Chuquicamata era la mayor fundición de cobre del mundo, perdiendo dicho sitio con posterioridad.

Las inversiones realizadas en las dos fundiciones privadas permitieron aumentar su producción, paliando la reducción de las fundiciones de Chuquicamata y de Potrerillos, así como incrementar su capacidad de captura a más de 95% en 2015. De esta manera cumplieron ya con las normas de emisión del Decreto N° 28 del Ministerio del Medio Ambiente de diciembre 2013. Por otra parte, el 86% de las inversiones realizadas en las 5 fundiciones estatales desde 1990 a 2014 fue ambiental, con objeto de cumplir con los Planes de Descontaminación decretados en la década de los 90 (Montezuma, 2016). Ello llevó a una mejora sustancial, pero no suficiente, de los índices ambientales en torno a dichas instalaciones. En 2015 las fundiciones de Codelco capturaron el 88,2% del azufre⁶ que ingresó a ellas (fuente: Codelco), mientras que HVL capturó el 90,1% del azufre ingresado (fuente: Enami). Entre las cinco fundiciones estatales, había dos, Ventanas y Caletones, que estaban en 2015 cerca de cumplir con el Decreto N° 28.

En 2018 todas las fundiciones chilenas deberían cumplir con el Decreto 28 del Ministerio del Medio Ambiente, el que estipula que la mínima captura de SO₂ debiese ser 95% en instalaciones existentes y 98% en fundiciones nuevas. La captura de anhídrido sulfuroso de las siete fundiciones chilenas fue de 90,7%, en 2015, en contraste con un 62,5% en 1999. A nivel global en 2015 las fundiciones habían llegado a capturar en promedio el 97% del azufre que ingresaba a ellas, de acuerdo a la empresa Wood Mackenzie (WM) y la tendencia observada es que en grandes fundiciones este porcentaje era mayor ya que lo importante para la salud humana y el medio ambiente no es el porcentaje de captura sino la masa de emisiones. La tendencia que se observa es que el promedio de captura de emisiones aéreas superaría en los próximos años el 99% en las mayores fundiciones del mundo (WM). Desde esta perspectiva las fundiciones estatales chilenas seguirán teniendo, al menos por varios años una deficiente performance ambiental, a pesar que a mediados de 2019 se esperaba que todas ellas cumplieran con el Decreto 28.

6

Caletones y Ventanas capturaron más de 93% del azufre cada una.

7.4 LA TRANSICIÓN MUNDIAL HACIA ENERGÍAS RENOVABLES Y LA ELECTROMOVILIDAD.

7.4.1 La transición hacia energías renovables.

La transición hacia energías renovables tiene un componente global y uno nacional. En el primero hay estimaciones muy diversas de las energías renovables y no renovables que estarán generando la electricidad en 2035 y 2050.

Las metas elaboradas por World Energy Council (WEC, 2013) en Suiza en 2013 se dan en dos escenarios principales, el escenario Jazz y el escenario Symphony. El primero tiene foco en la equidad de energía, dando prioridad a que los individuos accedan a energía barata mediante el crecimiento económico. El segundo escenario, Symphony, tiene foco en alcanzar sostenibilidad mediante la coordinación internacional de políticas públicas y de prácticas coordinadas. El primer escenario es controlado por fuerzas de mercado, mientras que el segundo es controlado por políticas de Estado. El segundo escenario requiere menos energía que el primero ya que se basa también en el ahorro energético.

En el primer escenario las energías renovables llegarían a 30% del abastecimiento eléctrico del mundo en 2050, las energías no renovables ocuparían el 63% y la energía nuclear sería el 7%. En el segundo escenario, el sostenible las cifras equivalentes serían 50% para energías renovables en 2050, 38% para energías no renovables y 12% para energía nuclear.

En cambio, la proyección elaborada por la International Renewable Agency (IRENA, 2018) en su reporte de 2018 Global Energy Transformation, a road map to 2050, fue que las energías renovables impulsarían el 85% de la electricidad mundial. En 2017 esta cifra era 25%.

La proyección de WEC es cinco años anterior a la de IRENA y por consiguiente es posible que sus estimaciones actuales no sean tan optimistas para el escenario de mercado (Jazz), dado que las energías renovables bajaron sustancialmente sus costos en los últimos cinco años. Lo efectivo es que existe de facto una dura disputa entre las fuerzas de mercado, impulsadas por los productores de combustibles fósiles y los productores de tecnologías de energía renovable. El resultado de esta disputa no es anticipable.

En Chile las metas de energías renovables y no renovables que generarán la energía eléctrica del país a 2035 y 2050 quedaron establecidas en Energía 2050, Política Energética de Chile, publicado por el Ministerio de Energía en 2015. En 2035 el 60% de las energías que generará el sistema eléctrico nacional serán renovables, mientras que en 2050 dicha cifra llegaría a 70%. Es posible que esta política sea en definitiva aplicada integralmente, dado que Chile produce muy poco carbón y gas natural, y no produce petróleo, y por ende, no tiene presiones para consumir estos combustibles, salvo en la potencia ya instalada.

En la transición a la electromovilidad se presume que los vehículos eléctricos tendrán el mismo costo de inversión y operación que los vehículos con motores de combustión en los próximos 5 a 7 años, y ello determinaría en gran medida cuando se producirá la transición en forma masiva. Esta proyección no considera, sin embargo, los grandes esfuerzos que realizan los productores de petróleo para que esta transición de costos se postergue..

El interés del país, como el primer productor de cobre y el segundo de litio en el mundo, no puede ser otro sino que la transición a la electromovilidad sea lo más rápida posible porque impulsará la demanda de estos dos metales. Chile es, además, el país que mayores reservas tiene en el mundo, tanto de cobre como de litio, y por ello, está situado en una posición privilegiada para que su sociedad se beneficie de esta transición.

Tal como ya se indicó, la unión del SIC y del SING benefició a las mineras que estaban en el SING y perjudicó a las que estaban en la zona del SIC, dado que el primero tiene generación de energía eléctrica mayoritariamente en base a carbón y combustibles fósiles. Sin embargo, la minería del cobre se benefició enormemente ya que cerca de dos tercios de la producción de cobre estaba en la zona del SING. En 2016 el SING y el SIC en conjunto proporcionaban un 43,1% de energías renovables, mientras que en el escenario original proyectado en 2015 para el sistema eléctrico nacional SEN, esta cifra llegaría a 56,9% en 2035. Si bien esta proyección podría ser superada, hay que considerar que habría numerosas centrales construidas en base a gas natural o licuado en el futuro, y que ello retardaría el aumento en el SEN de las energías renovables. Desde 2015 se adoptaron varias medidas, y la más destacada contempló que no se construirían nuevas centrales de potencia en base a carbón y que las centrales en operación se cerrarían en el futuro.

Por otra parte, las centrales adjudicadas en 2016 y 2017 en base a energías renovables están considerablemente retrasadas en su construcción debido a que se anticipa que la demanda no crecería al ritmo proyectado haciendo poco conveniente construir nueva capacidad antes de tiempo (El Mercurio, 2019).

Lo que incentivaría a las mineras a construir pronto más centrales con energías renovables es la necesidad de avanzar hacia un cobre con menores emisiones de gases efecto invernadero. Se estima en la industria que ello sería crucial en el futuro para comercializar el metal e incluso algunos piensan que el cobre con menos GEI podría tener premios monetarios en la venta. En las minas ubicadas en el antiguo sistema SING, cerca de 70% de su huella de carbono estaba originada en la producción de energía eléctrica. Con ese hándicap,

no había forma de competir por un cobre verde. Hay que tener en cuenta que países como Canadá, gran productor de cobre, tiene más de 60% de energías renovables, cerca de un 12% nuclear, y menos de 30% en base a combustibles fósiles. Apuntando a dicho objetivo, Minera Collahuasi acaba de suscribir un contrato de energía certificada 100% renovable, la que registrará a partir de abril de 2021, permitiendo que posea una matriz eléctrica completamente verde (Collahuasi, 2019).

Por otra parte, aunque no está prescrito en ninguna regulación, una ampliación minera o una nueva mina, tendría mayores probabilidades de que sus estudios de impacto ambiental fuesen aprobados más rápidamente si incluyen la construcción de nuevas centrales de energías renovables. Y lo que es tan importante como este factor es que casi todas las expansiones y nuevos proyectos deberán contar con suministro de agua de mar o desalada, ya que la adjudicación de nuevos permisos de agua continental, e incluso la renovación de los permisos de extracción de agua que se venzan, sería prácticamente imposible.

Por ello, el suministro de agua de mar o desalada sería prácticamente irreprochable ambientalmente si es que estuviera acompañada de electricidad para desalar y bombear el agua generada a partir de energías renovables. Desde esta perspectiva, el agua de la minería futura no es otra cosa que energía, y si la energía fuese limpia, la solución no podría ser más sostenible.

Un informe de Alta Ley (2019) identificó 224 iniciativas de compañías mineras con respecto al cambio climático, 25 de ellas en materia de adaptación y 190 con respecto a mitigación. Entre las últimas había 35 iniciativas para incorporar Energías Renovables No Convencionales (ERNC) y 155 en materia de eficiencia energética.

Durante la elaboración del informe, Alta Ley entrevistó a seis de las grandes empresas de la minería (Codelco, BHP, AMSA, Anglo American, Collahuasi, y Teck), además de instituciones del Estado y asociaciones gremiales. Todas las empresas entrevistadas poseían estrategias y estándares de sostenibilidad y todas las iniciativas identificadas consideraban en algún nivel, el cambio climático, principalmente con medidas de adaptación y mitigación. Dos empresas utilizan o están definiendo un precio interno del carbono para valorizar económicamente las emisiones de GEI y están promoviendo el desarrollo de proyectos más limpios, en las etapas de ingeniería, partiendo de la ingeniería de perfil. También lo hacen con respecto a las operaciones existentes. El resto de las empresas entrevistadas implementaba iniciativas de mitigación de GEI, en un contexto de excelencia operacional.

El informe agregaba que “las empresas están al tanto de la existencia de algunos riesgos asociados a cambio climático”, pero sólo dos poseían un mecanismo formal y detallado de evaluación y gestión de riesgos de cambio climático, que incluía el análisis de escenarios futuros de disponibilidad hídrica y precipitaciones. De las 25 iniciativas, 20 correspondían a eficiencia hídrica, mejoras de recirculación, y reemplazo de agua fresca por agua de mar. Además, había dos medidas de conservación, una del bosque nativo y otra de bosque esclerófilo, adicionales a las contenidas en las Resoluciones de Calificación Ambiental (RCA). Finalmente, había tres soluciones de relaves espesados en el marco de los proyectos Corfo-Alta Ley.

Dicho informe estimaba que el 24% del agua total de la minería provenía de agua de mar (3,3 m³/seg) en 2017, mientras que, en las proyecciones, esta cantidad aumentaría a 49% en 2028 (10,8 m³/seg). También reportaba que se identificó cinco iniciativas de creación de oportunidades de mercado. Tres de ellas correspondía a la habilitación de mercados de carbono a través del uso de offsets para cumplir metas de emisiones, y dos a la disminución del riesgo de inversión mediante estudios sobre escenarios futuros asociados al cambio climático, específicamente sobre disponibilidad de agua y variaciones de temperatura. Un offset es una medida de reducción o absorción de emisiones de GEI que permite reducir en otros sectores, empresas o países, las emisiones que no logren reducirse internamente, mediante compensaciones, con el uso de créditos de carbono medidos en toneladas de dióxido de carbono equivalente.

7.4.2 La transición hacia la electromovilidad.

Existe un gran número de estimaciones del impacto de la electromovilidad sobre el uso de cobre refinado en el futuro. Considerando que la demanda global por cobre fue de 23,4 millones de toneladas en 2018 (Wood Mackenzie, 2018), este volumen está proyectado crecer a 29,9 millones de toneladas en 2035 y a 32,8 millones en 2040 (Wood Mackenzie, 2018) lo cual representa para ambos años una tasa de crecimiento de tan sólo 1,54% anual.

Kuipers et al (2018) reportaron escenarios para 2040 que van desde 31 a 50 millones de toneladas de cobre refinado, mientras que Schipper et al (2018) estimaron escenarios que van desde los más de 40 millones de toneladas en 2040, llegando a más de 80 millones en el caso más atrevido. Otras organizaciones como Eurometaux (2015) apuntaron también a crecimientos de la demanda superiores a aquellos estimados por Wood Mackenzie.

Es posible que las estimaciones de Wood Mackenzie sean demasiado bajas, pero el asunto principal a considerar es que la industria del cobre aprovecha las oportunidades de inversión en minería de acuerdo al espacio disponible (brecha) que se visualice a futuro entre la demanda y la oferta primaria y secundaria. La condición del mercado establece un precio de largo plazo de 340 c/lb para que

puedan construirse los proyectos en forma rentable, ya que los costos de dichos proyectos han ido en aumento. Por ello, incluso con un bajo crecimiento de la demanda, como el proyectado por Wood Mackenzie, debería ser posible obtener precios como el indicado si la industria juzga adecuadamente las oportunidades de inversión.

Las variables que puede influenciar la industria chilena del cobre para seguir siendo líder en la oferta de cobre mundial, y por ende en la industria de la electromovilidad, se reducen al crecimiento de la oferta primaria de cobre, es decir expansiones de minas actualmente en operación y la construcción de nuevas minas. Chile no está posicionado favorablemente en cuanto a lo segundo. El costo de construcción y de operación de nuevas minas en Chile es más alto que muchos proyectos mineros de otros países según la base de datos de costos de Wood Mackenzie.

Por este motivo principal es que el escenario más optimista de crecimiento de producción de cobre entre 2018 y 2030, elaborado por Minlab UC, unidad de estudios de Minería UC, estimó que dicho crecimiento sería 2,2% anual promedio. En un escenario más moderado, sin embargo, la producción crecería a tasas de 0,54% anual, casi igual que en el periodo 2004-2018. Las proyecciones de producción de cobre de la Comisión Chilena del Cobre coinciden, en lo grueso, con este análisis.

7.5 DESAFÍOS: LITIO, LOS ENCADENAMIENTOS, MEDIO AMBIENTE Y SOCIEDAD DEL CONOCIMIENTO

7.5.1 Expansión de la producción de litio.

Durante los próximos 10 años Australia lideraría ampliamente la producción mundial de litio. Posteriormente, Chile podría volver a ser el mayor productor como lo fue hasta hace algunos años. Posiblemente China sobrepasará la producción de Argentina muy luego, transformándose en el tercer productor mundial.

Hay mayor probabilidad de cumplimiento que se asigna a los anuncios de nuevos proyectos de producción a partir de minerales, comparado con los de la producción a partir de salares, excluyendo al Salar de Atacama. Los primeros están casi todos en Australia, mientras que los segundos, excluyendo al Salar de Atacama, están casi todos en Argentina, y algunos en Chile. Esta evaluación de riesgo se efectúa en base al análisis del cumplimiento de los anuncios de producción en los últimos 10 años. Por ejemplo, FMC en el Salar de Hombre Muerto y Orocobre en el Salar de Olaroz, ambos en Argentina, anunciaron producciones hace años que no han podido cumplir. Asimismo, los anuncios de nuevos proyectos a partir de salmueras se han retrasado en forma muy relevante.

Las razones de ello son las siguientes. Primero, la concentración de litio en estos salares, así como en varios salares chilenos, es inferior a la concentración de litio en el Salar de Atacama. Segundo, se encuentran a mayor altura, y por ello la evaporación solar es menor. Tercero, en algunos salares llueve, y también tienen impurezas que hacen más cara la producción. Por ello el salar de Atacama, que no afronta estos factores, produce con los menores costos de extracción del mundo.

Al contrario, los proyectos de producción a partir de minerales no tienen estas dificultades, la tecnología es bien conocida, y por ende los plazos de producción anunciados se cumplen más ajustadamente que en los salares y la cantidad de litio a extraer en cada uno es mayor.

Se hace evidente para SQM que tener a su principal competidor mundial, Tianqi, sentado en su directorio, es sumamente delicado. Es poco creíble que se pueda limitar el conocimiento y transmisión de información por parte de los directores de esta, aún después de firmadas las medidas de mitigación impuestas por la Fiscalía Nacional Económica. Es probable que, si no hay cooperación dentro del directorio, SQM podría verse inducida a no competir óptimamente en el mercado internacional. Y si hay cooperación, estas dos compañías, que controlaban más de 70% del mercado del litio en 2017, podrían influir negativamente en perjuicio del país. Pero, más importante aún, cuando se acerque 2030 podrían existir condiciones propicias para que Tianqi tome el control de la compañía, con lo que las decisiones estratégicas del litio en el Salar de Atacama quedarían radicadas fuera de Chile.

7.5.2 Encadenamientos productivos y repercusiones ambientales

Los encadenamientos productivos son cruciales cuando por cada dólar gastado en la minería se generan 0,6 dólares adicionales en el resto de la economía en 2016 mientras en la minería australiana esta cifra era 0,8 dólares en 2012 debido a la mayor integración tecnológica con la economía del país. Mayor integración con la economía del país también significa generación de más empleos indirectos. Según la matriz insumo producto del Banco central, por cada empleo directo en la minería chilena se generaban 2,5 empleos en el resto de la economía en 2016. En otras palabras, mayor encadenamiento productivo implica mayor crecimiento del PIB en los años venideros.

Por ello, hay oportunidades que la minería puede aprovechar para acrecentar su impacto en la economía chilena. La principal es realizar mucho mayor inversión en innovación para introducir avances tecnológicos que signifiquen menores costos operativos, más exportación de tecnologías mineras, y mayor empleo indirecto.

Los encadenamientos productivos se miden con el multiplicador sectorial de la minería (MSM) en la Matriz Insumo Producto del Banco Central. La minería pasó de ser una actividad de “enclave” a ser una actividad integrada con la economía, transformación que ocurrió durante la década de los 90 aunque ya había comenzado antes. Cuando era un enclave, prácticamente todos los servicios y una parte fundamental de los bienes eran proporcionados por las compañías mineras, la mayor parte de los trabajadores y sus familias vivían en campamentos, y tanto la vivienda como sus necesidades básicas eran provistas en esos lugares. En la actualidad no subsiste campamento alguno en que vivan las familias de los trabajadores aunque existen campamentos donde se hospedan y se alimentan los trabajadores durante los turnos de trabajo, pero ellos regresan a ciudades y pueblos donde viven sus familias.

En 1962 el valor del MSM era 1,27, mientras que este había aumentado a 1,6 en 2016. En Australia dicho indicador era 1,8 en 2013, significando que la minería de este país estaba más integrada con su economía que la minería chilena. Un análisis de la composición del MSM permite apreciar que ello ocurrió en parte fundamental debido a la integración tecnológica en Australia. Este país exportaba 18,6 mil millones de dólares (mil millones es un billón de US\$ en este trabajo) de productos consistentes en equipos mineros, tecnología y servicios (METS) en 2018⁷, y 61,2 billones de dólares en producción minera, empleando un millón de personas⁸. Chile exportaba 639 US\$ millones en 2014, la mayor parte de los cuales eran bienes, cifra que disminuyó en 2016 a 471 US\$ millones (Alta Ley, 2017). La exportación de bienes y servicios mineros no es el único rubro importante para medir el grado de sustentabilidad intergeneracional que crea la minería, pero si es un rubro clave por cuanto representa una actividad que podría radicarse fundamentalmente en las regiones mineras para proveer empleo y valor agregado, especialmente ante un escenario de reducción de la actividad extractiva.

El cociente entre exportaciones de tecnología y de minerales en Australia era 0,27 en 2018 y 0,007 en Chile en 2014, enfatizando la pobreza del programa exportador tecnológico minero chileno. Otro aspecto revelador de esto último es que no hay, o es difícil encontrar estadísticas comparables y sistemáticas para las exportaciones del sector METS de Chile. La transformación del gigantesco clúster de bienes y servicios mineros chileno (METS chileno) en exportador es una tarea que ha evolucionado muy lentamente.

Los encadenamientos productivos de la minería son uno de los principales indicadores para evaluar el avance hacia el segundo objetivo de sostenibilidad, cual es asegurar que las generaciones futuras tengan la opción de conocer una calidad de vida al menos igual a las generaciones actuales.

La creación del Programa Nacional de Minería Alta Ley y de Valor Minero en 2015 son un buen presagio de que el Estado ha acelerado los intentos para producir esta transición. También lo es el programa creado por Corfo mediante los convenios con las dos empresas productoras de litio, SQM y Albemarle, para extender la producción de carbonato e hidróxido de litio en el Salar de Atacama a insumos de alto valor de las baterías de litio.

Fabricar cátodos de baterías en Chile parece una buena idea, y desde la perspectiva del valor, es importante por cuanto el cátodo representa aproximadamente el 50% del valor de las baterías, mientras que el valor del carbonato y del hidróxido de litio es solo una quinta parte y además, tanto la empresa china como el consorcio coreano ya fabrican cátodos en Asia. La licitación falló, y hay que conocer las causas de ello para rediseñar la licitación de tal forma que la próxima vez sea exitosa. Corfo debe hacer una segunda licitación, similar, con SQM, y no hay motivo aparente que impida intentar lo mismo nuevamente con Albemarle.

Es sorprendente, sin embargo, que no se haya podido avanzar más rápidamente para utilizar el clúster minero del cobre para hacer lo mismo. La cadena de valor que continúa después del cátodo, que es la semi-manufactura (cables, conductores, barras, planchas y otros artefactos), es mucho menos empinada y mucho más competitiva que en el caso del litio. La semi-manufactura fue escasamente rentable y durante muchos años produjo pérdidas en Chile (Madeco y otras compañías). Tanto así que Madeco terminó por fundirse con Nexans, una empresa francesa de alta tecnología. Pero la competencia en ese segmento de la producción de cobre es tan fuerte que las empresas europeas y de los Estados Unidos están tensionadas permanentemente frente a su competencia asiática, y especialmente china.

La cadena de valor del cobre llega al máximo valor agregado, en la actualidad, para los concentrados exportados, ya que durante los próximos tres a cinco años habrá exceso de fundiciones y refinería de alta eficiencia y cumplimiento ambiental en China, lo que significa que es muy barato fundir y refinar en fundiciones independientes, de las cuales hay una sola en Chile, Altonorte. Como contraparte, las cinco fundiciones de cobre estatales, cuatro de Codelco y una de Enami, todas generan pérdidas económicas y además contaminan más que el promedio de las fundiciones mundiales.

7 <https://www.austrade.gov.au/Local-Sites/India/News/Australian-Mining-Equipment-Technology-and-Services-METS-sector-Australias-new-driver-for-growth>
8 <https://minerals.org.au/news/australia's-resources-sector-drives-record-exports-2017-18>

La causa principal de que las fundiciones de Codelco y Enami generen pérdidas y sean contaminantes tiene que ver con decisiones de modernización que no se adoptaron en los últimos 20 años cuando los altos precios del superciclo hacían mucho más rentable adjudicar la inversión a aquellos segmentos de la producción minera que producían mayor rentabilidad, aumentando la producción y modernizando las minas, las plantas concentradoras y los procesos hidrometalúrgicos.

Es inaceptable la contaminación generada por la fundición de Ventanas, con episodios frecuentes y ubicada en una zona altamente poblada y no habría arreglo rentable capaz de mejorar sus procesos debido a su pequeño tamaño.. Es muy posible, por ello, que la presión ambiental conduzca al cierre de esta fundición. . Simultáneamente podría ampliarse la refinería contigua que opera respetando las normativas ambientales, dando así trabajo a una parte de los trabajadores de la fundición Ventanas.

El punto es que no se justifica en el siglo XXI tener fundiciones contaminantes y que además generen pérdidas económicas. El avance hacia una sociedad del capital humano y del conocimiento exige tener operaciones de clase mundial, que respetan a las personas y al medio ambiente, y que generen valor en vez de destruirlo.. El cierre de Ventanas y de otras fundiciones que no puedan satisfacer estas condiciones podría ser compensada con el apoyo del Estado a la construcción de una o más fundiciones de última generación lo que permitiría a Chile no perder terreno en este segmento de la cadena del valor del cobre, cuestión que podría ser muy relevante debido al poder crecientemente oligopólico de China. Esto sería una señal gigante en el avance hacia una sociedad del respeto y del conocimiento.

Tal como se indicó en la sección 7.2, aparte de las fundiciones, el área de mayor vulnerabilidad ambiental de la minería del cobre son los tranques de relaves. Es muy probable que las regulaciones ambientales de los tranques sea modificada imponiendo condiciones mucho más exigentes porque es evidente que generan inquietud en las comunidades vecinas debido a los numerosos riesgos que presentan.

Un cambio regulatorio que puede esperarse respecto a los permisos para nuevos depósitos de relaves es su construcción en base a pastas (25 a 28% de agua), e incluso en base a relaves filtrados (15 a 18% de agua), en reemplazo de la tecnología actual que deposita una pulpa (relave mezclado con agua). El costo de realizar este tipo de depósito podría significar la no construcción de un nuevo proyecto o bien la no expansión de uno existente, sobre todo en operaciones de tamaño mediano y pequeño (plantas concentradoras menores de 25 ktpd). Es decir, lo anterior podría traducirse en la menor producción futura de concentrados debido a un alza de los costos.

La promulgación de las actas del aire limpio y del agua limpia en la década de los 70 en los Estados Unidos, forzó al cierre de una fracción muy importante de la minería del cobre del país, la que tuvo que reinventarse e invertir para sobrevivir. En la actualidad la producción de cobre recuperó su volumen de antaño, pero con tecnologías modernas y rentables. Con esto no se sugiere que Chile reduzca su minería, ni que repita el modelo de los EEUU, sino que las fuerzas ambientales son tan poderosas que debieran forzar a la minería chilena a avanzar en el campo tecnológico y también en rentabilidad. Ello es un imperativo porque a fines de la década de los 90 la minería chilena era extraordinariamente rentable, aportando al país mucho más valor (PIB) por unidad producida que en la actualidad.

Lo anterior significa que el primer alcance de la sostenibilidad sería logrado sólo con un mejoramiento importante de la gestión y tecnología de las minas. En la gestión se incluye no sólo a las empresas, sino también al Estado, con la administración de las regulaciones económicas, sociales y ambientales.

Estas conclusiones respecto a la industria del cobre chileno enfatizan que los avances hacia un mayor encadenamiento productivo pueden lograrse tanto al comienzo de la cadena de valor, es decir en la producción misma de minas y plantas concentradoras, como al final de ella, en las fundiciones, lo que no puede lograrse sin aumentar significativamente la innovación propia y el crecimiento de las exportaciones tecnológicas.

7.5.3 Hacia una sociedad del conocimiento.

Es evidente que los modelos e indicadores utilizados hace 20 años para medir el bienestar social de territorios y países no son ya capaces de cumplir ese propósito por cuanto la sociedad en diversas partes del mundo ha exigido medidas que consideran aspectos más integrales del desarrollo que los indicadores tradicionales tales como los índices de desarrollo humano, de la pobreza, de la sustentabilidad ambiental, de la pobreza extrema, del empleo, del ingreso per cápita, y muchos otros. Los modelos que se desarrollaron en los últimos 15 años contienen índices que reemplazan a estos índices tradicionales, e incluyen la calidad de vida, la pobreza multidimensional y el capital humano. Estos son los índices con los que el país y la minería en particular podrían monitorear el avance hacia una sociedad plenamente desarrollada.

el año 2011, la OECD elaboró un índice de calidad de vida (ICV) denominado Your Better Life Index⁹, el que contiene una descripción de los aspectos más importantes de las aspiraciones de las personas en su ámbito de vida. Al mismo tiempo el modelo incorpora indicadores objetivos para estimar el posicionamiento de las dimensiones con respecto a su óptimo posible. Usando el modelo de la OECD y también un índice de calidad de vida en la ciudad (Orellana et al, 2013). Minería UC creó un índice de calidad de vida a nivel comunal, utilizando seis dimensiones, Educación, Salud y Medio Ambiente, Social y laboral, Seguridad, Vivienda y entorno, conectividad y movilidad. Cada dimensión está constituida por varios índices de la encuesta Casen y de otras encuestas sumando 35 índices en total. Ello hace posible comparar el progreso comunal en calidad de vida desde 2005 a 2017 en cada una de las dimensiones indicadas, tomando como referencia el promedio de Chile en 2017 en dicha dimensión. Permite también comparar el ICV por comuna en un año determinado. La hipótesis es que mientras más alto es el ICV en una comuna, suponiendo que ninguna de las dimensiones es muy deficitaria, mayor satisfacción tendrán las personas con la vida que llevan, haciendo que este instrumento sea particularmente apto para priorizar la política pública de la autoridad comunal y regional y de las empresas que operan en la comuna.

Un segundo índice, el de pobreza multidimensional (IPM), fue desarrollado por Oxford Poverty & Human Development Institute en conjunto con Naciones Unidas y se publicó en 2010 en el Reporte de Desarrollo Humano de Naciones Unidas. El IPM fue adoptado como medida oficial por el Ministerio de Desarrollo Social de Chile.

El modelo complementa las mediciones monetarias tradicionales de la pobreza mediante la captura de 10 índices de privaciones agudas enfrentadas por las personas con respecto a educación, salud y estándar de vida, incluyendo la nutrición, la mortalidad infantil, los años de escolaridad, la asistencia a clases, el combustible para cocinar, medidas sanitarias básicas, suministro de electricidad, agua potable, vivienda y bienes. El IPM considera que, si hay privación en un tercio o más de los indicadores, hay pobreza multidimensional. Pero además permite monitorear el avance o retroceso del indicador en el tiempo.

La tesis de Magíster de Laura Castro (Castro, 2019), hizo una comparación del IPM en las comunas mineras con el IPM de las comunas no mineras de Chile entre 2009 y 2017, estableciendo que las primeras tenían una ventaja de entre 2 y 3 puntos porcentuales sobre las comunas no mineras a través de todo el periodo. En 2017 el IPM era 20% en comunas no mineras en Chile y 18% en comunas mineras. Las comunas mineras fueron diferenciadas de las no mineras por el número de personas que tenían empleo en minería.

Un tercer índice, el de capital humano (ICH), fue desarrollado por el Banco Mundial en 2018 (The Human Capital Project). Este índice está diseñado para capturar el capital humano que un niño nacido hoy podría llegar a tener a la edad de 18 años, dados los riesgos de salud y calidad de la educación del país. El índice tiene tres componentes, sobrevivencia (mortalidad de niños bajo 5 años), años esperados de aprendizaje, y salud. La educación tiene dos componentes, el número de años que se espera obtenga educación, y la calidad de la educación, medida con una escala internacional. De esta forma se ajusta el número de años que los niños aprenden. La dimensión salud tiene dos componentes, la tasa de retraso en el crecimiento para niños bajo 5 años, y la tasa de sobrevivencia de adultos definida como la proporción de jóvenes de 15 años que sobrevivirán hasta los 60 años. Chile está bastante atrás en la medición del ICH por países, figurando en el número 45. Pero es el país latinoamericano mejor situado, seguido por Costa Rica (57), Argentina (63) y México (64). Las dos mayores potencias mundiales, Estados Unidos (24), y China (46), no son modelos a seguir, tampoco lo es Brasil (81).

BIBLIOGRAFÍA

- Alta Ley, 2017. Proveedores de la minería chilena. Reporte de Exportaciones 2012 – 2016. Programa Alta Ley, Programa Nacional de Minería Alta Ley. Mayo 2017.
- Alta Ley, 2019. Gestión de Cambio Climático en la Minería del Cobre en Chile. Presentación de Juan Pablo Rubilar, agosto 2019.
- Banco Central, 2019. Base de datos estadísticos en línea. Obtenido el 9-7-2019 de <https://si3.bcentral.cl/Siete/secure/cuadros/home.aspx>
- Banco Mundial, 2018. Human Capital Index and Components, 2018. Recuperable de <https://www.worldbank.org/en/data/interactive/2018/10/18/human-capital-index-and-components-2018>
- Banco Mundial, 2019. DataBank. World Development Indicators. Obtenido el 9-7-2019 de <https://databank.worldbank.org/reports.aspx?source=world-development-indicators#>
- Bloomberg, 2019. Trump Works Hard to Take On the Yield Curve. August 19, 2019.
- Castro, L., 2019. Pobreza multidimensional y desigualdad en comunas mineras en Chile. Tesis conducente al grado de Magíster en Ciencias de la Ingeniería. Pontificia Universidad Católica de Chile.
- Cella, G., 1984. The input-output measurement of interindustry linkages. Oxford Bulletin of Economics and Statistics, 46, 73–84.
- Cochilco, 2009. Anuario de Estadísticas del Cobre y Otros Metales 1989-2008. Comisión Chilena del Cobre.
- Cochilco, 2013. Anuario de Estadísticas del Cobre y Otros Metales 1993-2012. Comisión Chilena del Cobre.
- Cochilco, 2014. Información estadística sobre las emisiones directas de gases de efecto invernadero en la minería del cobre al 2013 (años 2001 - 2011). Comisión Chilena del Cobre. Mayo 2014.
- Cochilco, 2016a. Anuario de Estadísticas del Cobre y Otros Metales 1996-2015. Comisión Chilena del Cobre.
- Cochilco, 2016b. Informe de actualización de emisiones GEI directos en la minería del cobre al año 2015. Comisión Chilena del Cobre.
- Cochilco, 2017. Informe de actualización de emisiones GEI directos e indirectos en la minería del cobre al año 2016. Comisión Chilena del Cobre.
- Cochilco, 2018a. Anuario de Estadísticas del Cobre y Otros Metales 1998-2017. Comisión Chilena del Cobre.
- Cochilco, 2018b. Consumo de Energía en la Industria Minera del Cobre a Nivel Nacional. Noviembre 2018. Comisión Chilena del Cobre.
- Cochilco, 2019. Anuario de Estadísticas del Cobre y Otros Metales 1999-2018. Comisión Chilena del Cobre.

- Collahuasi, 2019. Collahuasi y Enel firman el mayor contrato de energía 100% renovable de Chile. Comunicado de Prensa, 7 de junio de 2019.
- Comisión Europea, 2016. Science for Environment Policy. European Commission DG. Environment News Alert Service, edited by SCU, The University of the West of England, Bristol. 16 September 2016. Issue 470. CRU, 2014. Commodity Research Unit.
- Comisión Nacional de Energía, 2017. Operación Real por Sistema Eléctrico Nacional. Periodo: 1998-2016. SING, SIC, Los Lagos, Aysén y Magallanes. Comisión Nacional de Energía. Santiago, Chile.
- Comisión Nacional de Energía, 2019a. Generación Bruta Sistemas Eléctricos. SEN: 2018-2019. SING: 1999-2017. SIC: 1996-2017.
- Comisión Nacional de Energía, 2019b. Anuario Estadístico de Energía 2018.
- El Mercurio, 2019. Desaceleración económica llevará a que hasta 36% de la energía adjudicada en subastas eléctricas no se requerirá hacia 2024. Economía y Negocios, página B10, 18 agosto de 2019.
- Elshkaki, A., Graedel, T., Ciacci, L. & Reck, B., 2016. Copper demand, supply, and associated energy use to 2050. *Global Environmental Change*, 39:305–315. DOI:10.1016/j.gloenvcha.2016.06.006.
- Eurometaux (2015). Our metals future. Metals industry's 2050 vision for a sustainable Europe.
- ICSG, 2018. ICSG World Copper Factbook 2018. International Copper Study Group.
- ICSG, 2019. Copper Market Forecast 2019/2020 (13-5-2019). International Copper Study Group.
- Incomare, 2019. Smelter Production South America. International Copper Market Research.
- IRENA, 2018. Global Energy Transformation: A Road Map to 2050. International Renewable Energy Agency.
- Kuipers, K., van Oers, L., Verboon, M., van der Voet, E., 2018. Assessing environmental implications associated with global copper demand and supply scenarios from 2010 to 2050. *Global Env Change* 49 (2018) 106-115.
- Lagos, Gustavo, 2014. Copper Limits: Recycling Potential. Letter in Science 09 May 2014: Vol. 344, Issue 6184, pp. 578. DOI: 10.1126/science.344.6184.578-c.
- Lagos, G., Peters, D., Jara, J.J., 2016. Chilean copper resources production potential and environmental challenges projected to 2035. UC publication.
- Meadows, Donella H., Meadows, Dennis L., Randers, Jorgen, Behrens, William W., 1972. The limits to growth. Universe Books, New York. ISBN 0-87663-165-0
- Meyer, Andrew, 2016. Is unemployment good for the environment? *Resource and Energy Economics*, 45 (2016), 18-30.
- Minería UC, 2019. Base de Datos del Departamento de Ingeniería de Minería UC.
- Ministerio de Minería, 2002. Uso Eficiente de Aguas en la Industria Minera y Buenas Prácticas. Acuerdo marco de producción limpia sector gran minería. Buenas prácticas y gestión ambiental. Noviembre 2002.
- Ministerio del Medio Ambiente, 2017. Segundo Informe del Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero de Chile serie 1990-2013. Santiago, Chile.
- Ministerio del Medio Ambiente, 2018. Tercer Informe Bial de Actualización de Chile Sobre Cambio Climático 2018.
- Montezuma S., Ana Isabel, 2016. Performance Ambiental en las Fundiciones Estatales de Cobre Chilenas: 1990- 2014. Tesis conducente al grado de Magister en Ciencias de la Ingeniería. Pontificia Universidad Católica de Chile.
- Mudd, G. M., Weng, Z., Jowitt, S.M., 2013. A Detailed Assessment of Global Cu Resource Trends and Endowments. *Economic Geology*, v. 108, pp. 1163–1183.
- Northey, S., Mohrb, S., Mudda, G.M., Wenga, Z., Giurcob, D. 2014. Modelling future copper ore grade decline based on a detailed assessment of copper resources and mining. *Resources, Conservation and Recycling* 83 (2014) 190–201.
- Orellana, Arturo, Bannen, Pedro, Fuentes, Luis Alejandro, Gilabert, Horacio, y Pape, Karen, 2013. Huellas del Proceso de Metropolitización en Chile. *Revista Invi*, N° 77 / Mayo 2013 /Volumen N° 28: 17-66.
- Osorio, G., 2018. Análisis de Sinergias en la Minería de la Región de Antofagasta. Tesis conducente al grado de Magister en Ciencias de la Ingeniería. Pontificia Universidad Católica de Chile.
- Porter, M.E., Kramer, M.R., 2011. Creating Shared Value. January–February 2011 issue of *Harvard Business Review*.
- Schipper, B., Lin, H., Meloni, M., Wansleebend, K., Heijungs, R., van der Voet, E., 2018. Estimating global copper demand until 2100 with regression and stock dynamics. *Resources, Conservation & Recycling* 132 (2018) 28–36.
- Schuschny, A., 2005. Tópicos sobre el modelo de insumo producto: teoría y aplicaciones. REDIMA II, Reunión de trabajo sobre Modelización, Matrices de Insumo-Producto y Armonización Fiscal, Cepal, Santiago de Chile, 29 y 30 de agosto de 2005.
- Slovic, Paul, 1987. Perception of Risk, *Science*, New Series, Vol. 236, No. 4799 (Apr. 17, 1987), pp. 280-285.
- Slovic, P., Flynn, J., Layman, M., 1991. Perceived Risk, Trust, and the Politics of Nuclear Waste. *Science*, New Series, Vol. 254, No. 5038 (Dec. 13, 1991), pp. 1603-1607.
- Solow, R.M., 1993. Sustainability: An economist's perspective in Robert Dorfman and Nancy (end.), *economics of the environment*, New York: Norton.
- SQM, 2016. Declaración de Impacto Ambiental "Ampliación Faena Salar del Carmen", SQM Salar S.A. Preparado por Jaime Illanes y Asociados Consultores S.A. Noviembre 2016.
- Tilton, J.E., Lagos, G., 2007. Assessing the long-run availability of copper. *Resource. Policy* 32 (2007), 19e23.
- Tilton, J.E., 2014. Copper Limits: Opportunity Costs. Letter in *Science* 09 May 2014: Vol. 344, Issue 6184, pp. 577-578. DOI: 10.1126/science.344.6184.577-b
- UC, 2016. Modelamiento de escenarios de desarrollo minero e impactos económicos, sociales y ambientales en Chile: 2015-2035.
- USGS, 2001 a 2019. Mineral Commodity Summaries: Copper. United States Geology Survey.
- WEC, 2013. World Energy Scenarios: Composing energy futures in 2050. World Energy Council.
- Wood Mackenzie, 2018. Global copper long-term outlook Q3 2018. Commodity Market Report. September 2018.
- Zegarra, Luis, 2016. Duración de la Evaluación de los Estudios de Impacto Ambiental de los proyectos Mineros Greenfield en Chile: 1997- 2015. Tesis conducente al grado de Magister en Ciencias de la Ingeniería. Pontificia Universidad Católica de Chile

CUADROS ESTADÍSTICOS

Cuadro 7.1 Reservas, producción, leyes y generación de relaves de la minería del cobre

Item	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	Referencias
Consumo energía eléctrica minería del cobre (GWh)	n.d.	13.131	13.737	14.985	16.134	16.342	16.586	17.737	17.959	18.977	19.152	19.965	21.577	22.526	23.128	24.137	24.515	24.463	26.154	Cochileo (2018a, 2018b, 2019)
Consumo unitario de energía eléctrica (MWh/t de cobre contenido)	n.d.	2,77	3,00	3,06	2,98	3,07	3,10	3,19	3,37	3,52	3,53	3,79	3,97	3,90	4,01	4,18	4,42	4,44	4,48	Calculado a partir de datos de tablas.
Consumo energía combustibles minería del cobre (GWh)	n.d.	10.823	10.625	11.317	11.675	11.797	12.318	14.705	15.831	17.889	16.844	18.259	20.646	20.536	22.049	22.471	22.287	22.738	22.943	Cochileo (2018a, 2018b, 2019)
Consumo de energía eléctrica Chile (GWh)	36.293	38.386	40.084	42.836	46.144	47.815	50.611	53.008	53.179	53.442	55.260	58.493	61.556	63.645	65.178	66.943	67.900	67.395	69.323	Comisión Nacional de Energía (2017, 2019b)
Cociente Energía Eléctrica Minería Cobre y Energía país	n.d.	34,2	34,3	35,0	35,0	34,2	32,8	33,5	33,8	35,5	34,7	34,1	35,1	35,4	35,5	36,1	36,1	36,3	37,7	Calculado a partir de datos de tablas.
Composición SING - % Carbón + Petcoke+ Petróleo Diesel + Fuel Oil	57,4	30,2	37,1	28,4	37,9	36,1	51,1	76,9	87,7	79,5	72,9	73,8	85,8	89,5	85,9	82,1	84,3	78,2	n.d.	Comisión Nacional de Energía (2019a)
Composición SING - % Gas Natural + GNL	42,0	69,1	62,2	71,0	61,5	63,5	48,4	22,6	11,8	20,1	26,8	25,8	13,6	9,3	11,3	13,5	9,1	9,9	n.d.	Comisión Nacional de Energía (2019a)
Composición SING - % Hidráulica Embalse y Pasada	0,6	0,7	0,6	0,6	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,4	0,4	0,4	0,5	0,4	0,4	0,4	0,3	0,3	n.d.	Comisión Nacional de Energía (2019a)
Composición SING - % Eólica	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,2	1,3	2,9	n.d.	Comisión Nacional de Energía (2019a)
Composición SING - % Solar	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	2,0	4,4	7,6	Comisión Nacional de Energía (2019a)
Composición SING - % Biomasa + Cogeneración + Geotérmica	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,7	0,7	0,7	0,7	1,0	n.d.	Comisión Nacional de Energía (2019a)
Composición SIC - % Carbón + Petcoke+ Petróleo Diesel + Fuel Oil	14,9	11,1	9,7	10,6	13,4	14,3	14,6	39,1	38,7	34,2	31,2	30,9	33,5	37,2	31,5	29,0	33,3	27,7	n.d.	Comisión Nacional de Energía (2019a)
Composición SIC - % Gas Natural + GNL	20,5	19,3	18,8	23,3	27,4	17,5	14,5	6,4	2,9	4,6	16,9	21,8	20,8	19,0	15,4	16,2	19,0	18,5	n.d.	Comisión Nacional de Energía (2019a)
Composición SIC - % Hidráulica Embalse y Pasada	62,5	68,3	70,4	64,8	57,4	66,9	69,5	52,8	56,2	58,7	49,1	44,6	41,1	38,3	44,9	45,0	35,9	39,5	n.d.	Comisión Nacional de Energía (2019a)
Composición SIC - % Eólica	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,2	0,8	0,7	0,8	1,1	2,3	3,5	3,7	5,4	n.d.	Comisión Nacional de Energía (2019a)
Composición SIC - % Solar	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,7	1,9	3,2	4,4	n.d.	Comisión Nacional de Energía (2019a)
Composición SIC - % Biomasa + Cogeneración + Geotérmica	2,1	1,3	1,2	1,3	1,8	1,4	1,4	1,8	2,1	2,3	1,9	1,9	3,7	4,4	5,2	4,5	4,9	4,5	n.d.	Comisión Nacional de Energía (2019a)
Composición SEN - % Carbón + Petcoke+ Petróleo Diesel + Fuel Oil	25,1	15,7	16,4	15,1	19,6	19,7	23,6	48,5	51,3	46,1	42,0	41,9	46,9	50,5	45,3	42,9	46,8	40,8	39,15	Comisión Nacional de Energía (2019a)
Composición SEN - % Gas Natural + GNL	25,6	31,4	29,4	35,4	36,0	29,0	22,9	10,4	5,2	8,7	19,5	22,9	19,0	16,5	14,3	15,5	16,3	16,3	15,15	Comisión Nacional de Energía (2019a)
Composición SEN - % Hidráulica Embalse y Pasada	47,7	51,9	53,3	48,5	43,0	50,3	52,5	39,7	41,9	43,4	36,5	33,3	30,7	28,7	33,6	33,3	26,5	29,4	30,60	Comisión Nacional de Energía (2019a)
Composición SEN - % Eólica	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,6	0,5	0,6	0,8	2,0	2,9	3,1	4,7	4,72	Comisión Nacional de Energía (2019a)
Composición SEN - % Solar	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,7	1,9	3,5	5,3	6,77	Comisión Nacional de Energía (2019a)
Composición SEN - % Biomasa + Cogeneración + Geotérmica	1,6	1,0	0,9	1,0	1,3	1,0	1,1	1,3	1,6	1,7	1,4	1,4	2,8	3,5	4,1	3,5	3,8	3,6	3,62	Comisión Nacional de Energía (2019a)

Cuadro 7.2 Consumo de electricidad y combustibles de la minería del cobre y generación eléctrica de los sistemas interconectados SING, SIC y SEN.

Item	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	Referencias
Reservas de cobre Chile (kt Cu contenido)	88	88	160	150	140	140	150	160	160	160	150	190	190	190	209	210	210	170	170	USGS (2001 a 2019)
Reservas de cobre globales (kt Cu contenido)	340	340	480	470	470	470	480	490	550	540	630	690	680	690	700	720	720	790	830	USGS (2001 a 2019)
Producción Cobre mina Chile (kt/año)	4.602	4.739	4.581	4.904	5.321	5.361	5.557	5.328	5.394	5.540	5.419	5.263	5.434	5.776	5.761	5.772	5.553	5.504	5.832	Cochileo (2016a, 2019)
Producción de cobre contenido en concentrados Chile (kt/año)	3.230	3.201	2.979	3.251	3.776	3.736	3.669	3.725	3.357	3.277	3.330	3.238	3.405	3.843	3.917	3.994	3.892	3.917	4.256	Cochileo (2016a, 2019)
Producción de cobre contenido en eludados S&EW Chile (kt/año)	1.372	1.538	1.602	1.653	1.636	1.585	1.692	1.832	1.971	2.118	2.089	2.025	2.029	1.933	1.844	1.778	1.660	1.586	1.575	Calculado a partir de datos de S&EW y concentrado.
% de contenido de cobre producido por S&EW con respecto a S&EW y concentrado	35,0	33,7	30,2	29,8	31,6	33,0	37,0	39,3	38,5	38,5	37,3	33,5	32,0	30,8	29,9	28,8	27,0	29	27	tablas.
Producción de cobre contenido en fundición Chile (kt/año)	1.460	1.503	1.439	1.542	1.518	1.538	1.565	1.514	1.369	1.522	1.528	1.522	1.342	1.358	1.362	1.382	1.365	1.265	1.246	Cochileo (2016a, 2019)
Producción de cobre contenido en refinera Chile (kt/año)	1.137	1.187	1.116	1.107	1.051	1.077	958	985	988	1.071	1.055	999	873	822	885	910	952	843	886	Cochileo (2016a, 2019)
Producción Cobre mina global (kt/año) IC SG	13.199	13.636	13.487	13.699	14.974	14.983	15.208	15.337	15.945	15.900	15.965	16.692	18.190	18.436	19.168	20.357	20.000	20.598	20.886	ICSG (2018, 2019)
Producción Cobre mina global (kt/año) IC SG	13.757	13.565	13.696	14.721	15.188	15.180	15.173	15.538	15.653	15.866	16.114	16.214	16.927	18.215	18.625	19.477	20.249	20.852	20.852	Cochileo (2016a, 2019)
Generación de relaves base seca minería del cobre chilena	282	289	294	325	368	379	373	392	385	381	402	431	475	475	499	527	530	562	621	Mneria UC (2019)
Lev Cu Concentradora, %	1,38	1,34	1,22	1,18	1,16	1,11	1,13	1,05	0,97	0,92	0,92	0,87	0,85	0,89	0,90	0,87	0,81	0,80	0,78	Cochileo (2016a, 2019)
Lev Cu Lixiviación, %	1,13	1,14	1,04	1,01	0,77	0,70	0,71	0,78	0,69	0,68	0,67	0,65	0,66	0,66	0,67	0,64	0,60	0,61	0,51	Cochileo (2016a, 2019)
Lev Cu Promedio Chile, %	1,29	1,25	1,13	1,10	1,00	0,93	0,94	0,87	0,74	0,76	0,75	0,70	0,72	0,71	0,72	0,69	0,65	0,65	0,61	Cochileo (2016a, 2019)

Cuadro 7.3 Emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) de la minería del cobre.

Ítem	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	Referencias
Emisiones GEI minería del cobre (alcance 1) (Millones t equiv CO ₂)	3,0	2,9	2,9	3,0	3,0	3,1	3,3	3,8	4,1	4,4	4,3	4,4	5,5	5,4	5,8	5,9	5,9	6,0	6,06	Cochileo (2014, 2016b, 2017, 2019)
Emisiones GEI minería del cobre (alcance 2) (Millones t equiv CO ₂)	n.d.	5,5	6,0	6,5	7,4	7,2	7,5	9,5	9,9	10,4	11,2	12,1	13,7	14,6	14,0	14,3	14,9	14,5	10,95	Minería UIC (2019), Cochileo
Emisiones GEI minería del cobre (alcances 1 y 2) (Millones t equiv CO ₂)	n.d.	8,4	8,8	9,4	10,4	10,2	10,8	13,4	14,0	14,8	15,6	16,5	19,2	20,1	19,8	20,1	20,8	20,5	17,01	Calculado a partir de datos de Ministerio del Medio Ambiente (2017, 2018)
Emisiones GEI Chile (Millones t CO ₂ equiv)	76,6	72,3	73,2	74,3	80,1	82,0	83,2	92,8	94,0	91,0	91,8	102,1	106,6	104,3	101,5	108,2	111,7	n.d.	n.d.	
Porcentaje de emisiones GEI de la minería del cobre versus total de emisiones de Chile (Alcance 1 y 2)	n.d.	11,7	12,1	12,7	13,0	12,5	12,9	14,4	14,9	16,3	17,0	16,1	18,0	19,2	19,6	18,6	18,7	n.d.	n.d.	
Emisiones GEI por tonelada de cobre (alcance 1) (Millones t equiv CO ₂ /tonelada cobre fino)	n.d.	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,7	0,8	0,8	0,8	0,8	1,0	0,9	1,0	1,0	1,1	1,1	1,04	Cochileo (2014, 2016b, 2017, 2019), Años 2017 y 2018 estimados por cociente directo.
Emisiones GEI por tonelada de cobre (alcance 2) (Millones t equiv CO ₂ /tonelada cobre fino)	n.d.	1,2	1,3	1,3	1,4	1,3	1,4	1,7	1,9	1,9	2,1	2,3	2,5	2,5	2,4	2,5	2,7	2,6	1,88	Calculado a partir de datos de tablas.
Emisiones GEI por tonelada de cobre (alcances 1 y 2) (Millones t equiv CO ₂ /tonelada cobre fino)	n.d.	1,8	1,9	1,9	1,9	1,9	2,0	2,4	2,6	2,7	2,9	3,1	3,5	3,5	3,4	3,5	3,8	3,7	2,92	Calculado a partir de datos de tablas.

Cuadro 7.4 Consumo de agua de la minería del cobre.

Ítem	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	Referencias
Consumo agua fresca minería del cobre (m ³ /seg)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	12,27	12,65	12,56	12,38	12,72	12,95	13,07	13,61	13,26	13,36	Cochileo (2016a, 2019)
Consumo agua de mar minería del cobre (m ³ /seg)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0,14	0,11	0,49	0,61	0,71	0,82	1,31	1,61	1,63	1,88	Cochileo (2016a, 2019)
Consumo de agua desalada minería del cobre (m ³ /seg)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0,18	0,13	0,22	0,37	0,58	0,88	0,97	0,83	1,53	2,12	Cochileo (2016a, 2019)
Consumo total de agua minería de cobre (m ³ /seg)	14,2	14,1	13,9	13,7	13,5	13,3	13,1	12,9	12,7	12,6	12,9	13,3	13,4	14,0	14,7	15,3	16,1	16,43	17,35	Cochileo (2016a, 2019), Ministerio de Minería (2002), Datos 2001 a 2008 interpolados.
Consumo unitario estimado de agua continental y de mar por tonelada de cobre contenido producido (m ³ /t Cu)	97,3	93,5	95,7	88,1	78,7	78,8	77,1	73,2	75,2	73,6	75,0	79,6	77,5	76,5	80,2	83,8	91,2	94,12	93,83	Calculado a partir de datos de tablas.

Cuadro 7.5 Fundiciones de cobre chilenas.

Ítem	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	Referencias
Producción de cobre de fundiciones en Chile (kt/año)	1.595	1.597	1.550	1.610	1.682	1.754	1.709	1.642	1.526	1.604	1.638	1.595	1.370	1.404	1.410	1.496	1.491	1.414	1.357	Incomare (2019)
Producción de cobre fundición Atacama (kt/año)	148	146	147	245	269	297	282	273	232	268	278	312	270	309	307	311	308	320	274	Incomare (2019)
Producción de cobre fundición Calientes (kt/año)	379	368	370	363	350	390	395	376	375	384	381	363	325	341	318	372	355	365	365	Incomare (2019)
Producción de cobre fundición Chaquama (kt/año)	140	144	154	163	165	173	164	146	138	138	138	139	145	129	145	131	130	139	139	Incomare (2019)
Producción de cobre fundición Chuquibambilla (kt/año)	590	597	571	486	492	532	452	450	422	470	488	445	322	319	373	404	387	308	280	Incomare (2019)
Producción de cobre fundición Las Ventanas (kt/año)	112	108	110	130	128	107	119	117	105	105	106	105	85	99	94	93	98	104	98	Incomare (2019)
Producción de cobre fundición Hernán Videla Lara (Pajipote) (kt/año)	78	80	92	97	97	98	98	92	91	84	87	82	80	75	75	74	76	83	81	Incomare (2019)
Producción de cobre fundición Potrerillos (kt/año)	148	153	105	126	180	192	191	170	155	155	160	150	148	117	114	97	138	104	120	Incomare (2019)
Azúcar emitido por fundiciones de cobre (kt/año)	457	321	215	184	238	217	364	218	188	215	198	177	151	155	152	139	138	117	98	Minería UIC (2019).



CAPITULO 8

INFORME PAÍS ESTADO DEL MEDIO AMBIENTE EN CHILE
2018

8. ASENTAMIENTOS HUMANOS

8.1 LOS ASENTAMIENTOS HUMANOS EN CHILE 1992 A 2017

8.1.1 El Sistema de Asentamientos

La población de Chile, analizada con la información que entregan los Censos de Población y Viviendas, señala que desde 1992 a 2017, es decir, en 25 años ha cambiado drásticamente en su constitución demográfica. Muestra una tendencia continua al envejecimiento, una población que migra para radicarse en los centros poblados, donde encuentra los servicios de salud, educación, de vivienda, alcantarillado, agua potable, energía y entre otros, comunicación con otros centros poblados, incrementándose de esta manera la población urbana, constituyéndose una red de asentamientos de diversos tamaños de población, con organizaciones diferentes, con un dominio territorial diferenciado y con una estructura social y económica funcional a sus funciones.

Los Censos de Población y Vivienda han identificado los asentamientos humanos por los montos de población, otros, por sus funciones o actividades. Estas categorías censales se han mantenido estables en su definición a través de los censos, con la excepción del Censo del 2017 que consideró como ciudad a toda aquella entidad que cumpliera el rol de capital de provincia, independiente del tamaño de su población.

Las categorías de asentamientos humanos son: caseríos, aldeas, pueblos y ciudad. Esta última es una entidad urbana que posee más de 5.000 habitantes. Además, el Censo, en función del total de población, distingue varios tipos de ciudades:

- Ciudades mayores, capitales regionales o provinciales, que cuentan con una población entre 100.001 y 500.000 habitantes.
- Grandes Áreas Urbanas, áreas macro urbanas, que reúnen entidades de diversas comunas y que por procesos de conurbación han conformado una gran área urbana, sin apreciarse límites de separación entre ellas. El monto poblacional de estas áreas en su conjunto, supera los 500.000 hasta 1.000.000 de habitantes con urbanizaciones urbanas y áreas metropolitanas.
- Metrópolis es la mayor representación urbana que tiene un país; concentra más de un millón de habitantes¹.

1 INE "Ciudades, Pueblos, Aldeas y Caseríos" 2005

Dos o más centros urbanos de origen y desarrollo relativamente independiente, producto de la expansión territorial urbana de uno de ellos o de ambos a la vez, pueden generar una conurbación como ocurre con la metrópolis de Santiago.

Las tres primeras categorías constituyen las bases de la pirámide de asentamientos humanos.

Caseríos comprende todos aquellos asentamientos eminentemente rurales dispersos en el territorio. El INE lo define como “asentamiento humano con nombre propio que posee 3 viviendas o más cercanas entre sí, con menos de 301 habitantes y que no forma parte de otra entidad”²

La categoría de Aldea “es el asentamiento humano concentrado con una población que fluctúa entre 301 y 1.000 habitantes; excepcionalmente se asimilan a Aldeas, los centros de turismo y recreación entre 75 y 250 viviendas concentradas, que no alcanzan el requisito para ser considerados como pueblo.”³

La siguiente categoría de asentamiento en función del total de población es Pueblo que el INE la define como una entidad urbana “con una población que fluctúa entre 2.001 y 5.000 habitantes, o entre 1.001 y 2.000 habitantes y cumple el requisito de actividad económica”⁴ es decir, más del 50 % de su población está en actividad económica secundaria. Excepcionalmente, los centros poblados que cumplen funciones de turismo y recreación con más de 250 viviendas concentradas y que no alcanzan el requisito de población se consideran urbanos.

De acuerdo con los censos de 1992, 2002 y 2017, estas tres categorías de asentamientos humanos se han comportado como se indica en el siguiente cuadro:

Cuadro 8.1

Total de Caseríos, Aldeas y Pueblos y su población, según Censo de Población 1992 -2017						
	Censo 1992		Censo 2002		Censo 2017	
Rango de asentamientos	Número de asentamientos según rango (Ciudades, Pueblos, Aldeas y Caseríos)	Población por categoría de asentamiento	Número de asentamientos según rango (Ciudades, Pueblos, Aldeas y Caseríos)	Población por categoría de asentamiento	Número de asentamientos según rango (Ciudades, Pueblos, Aldeas y Caseríos)	Población por categoría de asentamiento
Caseríos	0	0	4449	371245	3670	407239
Aldeas	22	22924	977	518766	727	372116
Pueblos	25	95439	271	929945	556	606420
Total	47	118363	5697	1819956	4953	1385775

Fuente: INE Ciudades, Pueblos, Aldeas y Caseríos según Censo 1992, 2002 y 2017

El Censo de 1992 si bien registró los Caseríos, no los reportó en sus publicaciones como sucede con los censos posteriores. Del cuadro anterior se desprende que entre 2002 y 2017 el número de caseríos disminuyen al año 2017, pero la población involucrada crece producto de una tendencia a una mayor agrupación de la población aún en estas localidades aisladas. Las Aldeas aumentan sustancialmente de 22 en 1992 a 977 en el 2002 para disminuir en el 2017 a 727. Disminución que también afecta al total de población involucrada. El mismo proceso afecta a las entidades de Pueblos.

Como conclusión, estos procesos de movimiento de población del campo a las entidades con características urbanas refleja que entre los años 2002 al 2017 la población en estas tres categorías disminuyó en 434.181 personas.

Las ciudades, vistas a través de los datos censales y de acuerdo a ciertas categorías de tamaño, muestran que el número de ciudades en el país en 25 años han disminuido de 269 en 1992 a 225 en 2017. El cuadro siguiente señala en detalle por categoría de tamaño cómo ha evolucionado cada una de ellas en el paso del tiempo. Las ciudades de menor rango han disminuido. Las ciudades del rango de 5.000 a 10.000 habitantes han aumentado. Por otra parte, las ciudades de rango de 10.000 a 19.999 habitantes han disminuido en número y en total de habitantes. Lo mismo ocurre en la siguiente categoría. El rango de ciudades de 50.000 a 99.999 habitantes se mantiene estable en número y total de habitantes. Por otra parte, el rango de ciudades de 100.000 a 499.999 habitantes aumenta de 16 a 19 así como el número de habitantes involucrados. Las dos siguientes categorías de ciudades se mantienen estables en número, pero al año 2017 se observa un incremento sustancial de población.

2 INE (2005) Op. cit

3 INE (2005) Op. cit

4 INE (2005) Op. cit

Cuadro 8.2

Ciudades clasificadas por su tamaño, Censos de Población 1992, 2002 y 2017

Rango de asentamientos (Ciudades)	Censo 1992		Censo 2002		Censo 2017	
	Número de asentamientos según rango (Ciudades, Pueblos, Aldeas y Caseríos)	Población por categoría de asentamiento	Número de asentamientos según rango (Ciudades, Pueblos, Aldeas y Caseríos)	Población por categoría de asentamiento	Número de asentamientos según rango (Ciudades, Pueblos, Aldeas y Caseríos)	Población por categoría de asentamiento
De 2000 a 4990	26	98.662	10	21.416	14	28.644
De 5000 a 10.000	58	420.290	70	500.632	81	587.639
De 10.000 a 19.999	91	1.290.930	47	667.294	54	784.981
De 20.000 a 49.999	64	1.994.541	31	1.062.884	42	1.340.485
De 50.000 a 99.999	11	809.592	12	828.525	12	857.355
De 100.000 a 499.999	16	2.279.110	14	2.326.143	19	3.359.971
De 500.000*a 999.999	2	1.417.809	2	1.419.084	2	1.655.474
más de 1.000.000**	1	4.770.995	1	5.457.542	1	6.526.316
Total	269	13.081.929	187	12.283.520	225	15.140.865

Fuente: INE Censos de Población 1992, 2002 y 2017

8.1.2 La urbanización

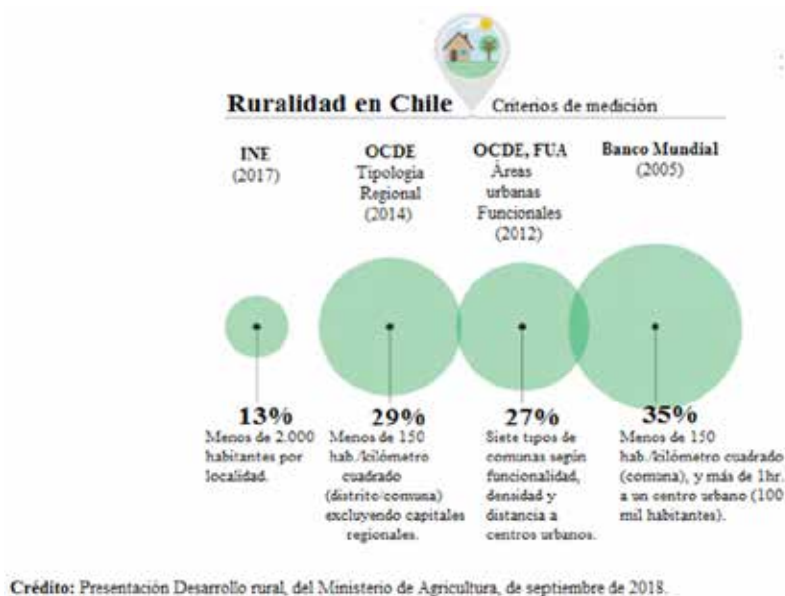
La población chilena tiende a establecerse en asentamientos con características urbanas donde radican los servicios de educación, salud, comunicación y seguridad, junto con los de teléfono, agua potable y alcantarillado, entre otros. Esta tendencia ha sido continua y se observa con claridad a través de los datos que entregan los Censos de Población, el porcentaje de población urbana respecto de la rural ha aumentado.

Desde comienzos del siglo XX, Chile se ha estado convirtiendo en un país cada vez más urbano. En 1907 poseía una tasa de urbanización de 43,7 %. En el Censo de 1952 la población urbana fue de 60,2 %, a los inicios de los años 60's aumentó al 68,9 %. En el 2002 el porcentaje alcanzó al 86,6 % y en el 2017 se eleva al 89,9%. En 1907 existían 24 ciudades de más de 10.000 habitantes, cifra que se duplicó en 45 años al año 1952. En 1992 aumentaron a 84 y en el año 2017 a 95. Sin embargo, el total de ciudades entre 1992 al 2017 disminuyó de 269 a 225, producto de la con urbanización y macro crecimiento de algunas ciudades.

Este incremento en población residiendo en ciudades ha repercutido en el territorio, al aumentar la superficie de tierras dedicadas a uso urbano o industrial. Según datos de CONAF, en sus Catastros de Recursos Vegetacionales Nativos de Chile, realizado en diferentes años, muestran que en 1999 la superficie fue de 182.184 has, en el 2011 aumentó a 248.003 has, en el 2014 fue de 356.987 has y en el 2017 alcanzó a 387.770 has. En 18 años la superficie urbana e industrial del país se duplicó.

Población rural se define aquellas personas que viven en el campo y la actividad económica que realizan está en el sector primario, agricultura, ganadería y otras formas de producción de materias primas. Debido a que el Instituto Nacional de Estadísticas (INE-Chile) considera como urbana a todos los asentamientos de más de 2000 habitantes, la exacta población relacionada con actividades en el campo no está registrada como tal. Las metodologías para medir a la población rural difieren de la oficial, como se explica en la siguiente figura⁵

Figura 1 Ruralidad en Chile



Independiente de la diferencia en criterios para determinar la población rural de la urbana, en este informe se utilizarán las cifras oficiales que entrega el INE.

8.1.3 Las ciudades y su distribución en las Regiones del país

El total de ciudades en el país en 25 años de tiempo entre los censos de 1992 y 2017 disminuyó de 269 a 225 ciudades, producto de un proceso de conurbación que con el paso del tiempo ciudades han comenzado a captar asentamientos humanos cercanos clasificados como aldeas, pueblos y en algunos casos ciudades. La distribución de estas ciudades con su población analizada en las clásicas regiones del país: Norte Grande, Norte Chico, Chile Central, Sur y Extremo Sur, muestran un desbalance en el número de ciudades y población distribuida a lo largo del país. (Figura No 2 y Cuadro No 3)

El Norte Grande, con tres regiones, concentra en el 2017 un total de sólo 10 ciudades, sin grandes fluctuaciones en el número de ciudades a través de los censos anteriores con una población total de 1.065.869 habitantes que representan el 7% de la población en ciudades en el país y el 3,78 % del total de ciudades.

El Norte Chico con dos regiones en el 2017 tiene un total de 21 ciudades, también con poca diferencia con las ciudades de censos anteriores, con un total de población de 832.042 habitantes que representan el 5,5 % de la población en ciudades en el país y el 7,9 del número de ciudades.

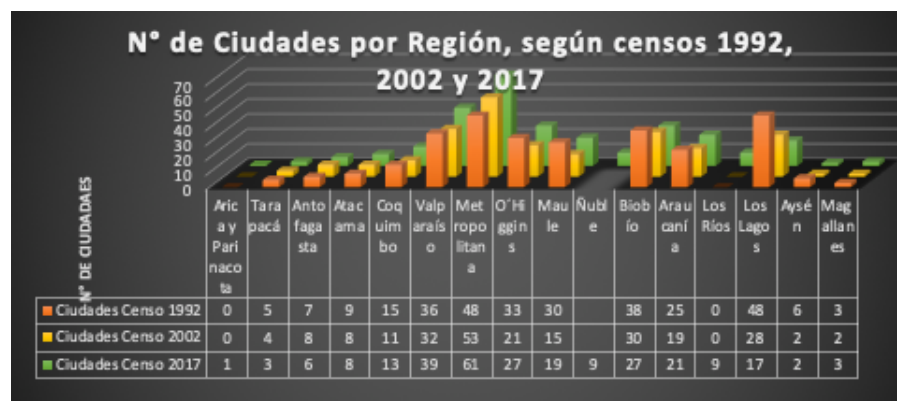
Chile Central comprende 6 regiones con un total de 182 ciudades y un total de 11.586.284 habitantes, que equivalen al 78,7 % de la población total del país en ciudades y el 68,7 % del total de ciudades.

El Sur lo integran 3 regiones con un total de 47 ciudades y un total de 1.407.777 habitantes representando el 9,3 % de la población del país y el 17,7 % de las ciudades.

El Extremo Sur lo integran 2 regiones con 5 ciudades y 217.320 habitantes equivalentes al 1,4 % de los habitantes y el 1,9 % de las ciudades.

La siguiente figura muestra lo concentrado de la población urbana en el Chile Central, respecto de sus regiones extremas.

Figura N° 2



Cuadro 8.3

Regiones, Número de Ciudades y Población según Censos Población 1992-2002-2017							
Regiones	Región	Número Ciudades Censo 1992	Población	Número Ciudades Censo 2002	Población	Número Ciudades Censo 2017	Población
Grandes	Arica y Parinacota					1	203.847
	Tarapacá	5	332.770	4	395.140	3	302.345
	Antofagasta	7	408.856	8	466.058	6	559.677
Norte	Atacama	9	230.873	8	216.034	8	252.905
Chico	Coquimbo	15	504.387	11	441.869	13	579.137
Chile	Valparaíso	36	1.385.210	32	1.305.237	39	1.593.016
	Metropolitana	48	5.234.150	53	5.848.359	61	7.136.745
	O'Higgins	33	696.369	21	464.149	27	579.542
Central	Maule	30	853.459	15	529.934	19	680.674
	Ñuble					9	285.211
	Biobío	38	1.569.284	30	1.067.324	27	1.311.096
Sur	Araucanía	25	449.294	19	513.282	21	600.852
	Los Ríos					9	250.990
	Los Lagos	48	1.151.167	28	672.748	17	555.935
Extremo	Aysén	6	77.265	2	61.786	2	73.026
Sur	Magallanes	3	136.045	2	132.983	3	144.294
		303	13.029.129	233	12.114.903	265	15.109.292

Fuente: INE Censos de Población y Vivienda 1992, 2002, 2017

8.1.4 La dinámica de crecimiento y decrecimiento de las ciudades .

Para este ejercicio se tomó la población de cada ciudad, clasificada como tal por el INE, según los Censos de Población de 2002 y de 2017. Es decir, se calculó el comportamiento positivo o negativo en un período de 15 años.

El siguiente cuadro muestra aquellas ciudades que entre 2002 y 2017 experimentaron un crecimiento superior al 5%, clasificada como crecimiento alto (5 al 8 %), crecimiento explosivo (9 al 23 %) y crecimiento exponencial (más de un 50%). En esta última categoría hay tres ciudades, Colina y Chicureo localizadas al norte de la región Metropolitana de Santiago y Alerce en la décima región.

Con crecimiento explosivo aparecen 5 ciudades: Labranza y Cajón en la novena región; Placilla de Peñuelas en la quinta región; Lampa en la región metropolitana; y, San Pedro de Atacama en la segunda región.

Con crecimiento alto se destacan 5 ciudades en la quinta región: Hanga Roa, Las Cruces, Calle Larga, La Cruz, El Tabo. En la región séptima se localizan 4 ciudades: Colbún, Maule, Rauco y Romeral. En la sexta región esta Machalí. Alto Hospicio en la primera y Santiago en la RM.

Con crecimiento medio alto con porcentajes de 1 a 5% se localizan un total de 128 ciudades, con 3 ciudades capitales de región, las tres localizadas en el norte del país: Arica, Iquique y Antofagasta.

El total de ciudades sin crecimiento es de 81, de las cuales 7 son capitales de región: Rancagua, Chillán, Puerto Montt, Coihaique, Punta Arenas, Concepción y Temuco.

Un total de 29 ciudades tienen un decrecimiento en su población entre las cuales está Valparaíso como capital de región. (Ver Anexo 1)

Cuadro 8.4

Región Censo 2017	Ciudad	Población Censo 2017	Tcp Intercensal 2002-17	
XIII	Colina	88858	94,1	Crecimiento exponencial
X	Alerce	42267	86,5	
XIII	Chicureo	10975	53,7	
IX	Labranza	24008	22,7	Crecimiento explosivo
V	Placilla de Pañuelas	39344	17,6	
XIII	Lampa	37599	13,7	
IX	Cajón	5673	12,3	
II	San Pedro de Atacama	5347	11,7	Crecimiento alto
V	Hanga Roa	7163	7,8	
I	Alto Hospicio	105065	7,3	
VI	Machali	48667	6,9	
XIII	Santiago	402847	6,7	
V	Las Cruces	5490	6,5	
V	Calle Larga	9653	6,3	
VII	Colbún	6928	5,9	
V	La Cruz	19408	5,5	
V	El Tabo	6982	5,5	
VII	Maule	7039	5,2	
VII	Rauco	5520	5,2	
VII	Romerol	6480	5,1	

FUENTE: INE Censos de Población 2002 y 2017. Elaboración Propia

Las ciudades han mostrado un crecimiento desigual a través de los datos censales. Ninguna de las tres ciudades con crecimiento exponencial en el 2017 estuvo con ese crecimiento en el censo del 2002. Alto Hospicio entre 1992 y 2002 creció a una Tasa crecimiento población anual (Tcpa) del 24,7 %, bajando, pero todavía alta, entre 2002 y 2017 a una Tcpa del 7,3 %. Calle Larga en periodo intercensal 1992 al 2002 creció a una Tcpa de 1%, pero para el intercensal 2002-2017 su Tcpa se dispara al 6,3 %. Algo similar ocurre con Machali que pasa de una Tcpa de 3,3% en el intercensal 1992-2002 a un 6,9 % en el periodo 2002-2017.

Labranza al año 2002 tenía 5.442 habitantes a 12 km de Temuco, con una conexión terrestre con la capital de la región. Al año 2017 su población se incrementa a 24.008 habitantes que representa una Tcpa del 22,7 %, asentamiento que opera como una ciudad dormitorio de Temuco.

Placilla de Peñuelas, asentamiento de la comuna de Valparaíso, por su localización cercana a la ciudad principal se ha conurbado, pasando de 10.811 habitantes en el año 2002, incrementándose a 39.344 habitantes en el 2017, crecimiento de una Tcpa del 17,6 %.

El Tabo y Las Cruces, ambos clasificados como urbanos por su función de balnearios, entre los años 2002 y 2017 han experimentado un crecimiento significativo de su población de residencia permanente con Tcpa de 5,5 % y 6,5 % respectivamente, con incremento de su población cercana al 100% en el periodo 2002-2017.

La ciudad de Colina a unos 20 km al norte de Santiago en el periodo 2002-2017 presenta un fuerte crecimiento de su población de 5.879 habitantes en el 2002 a 88.858 habitantes en el 2017, lo que para el periodo 2002-2017 da una Tcpa del 94,1 %. En la misma comuna, la ciudad de Chicureo también ha experimentado un fuerte crecimiento anual para el periodo 2002 a 2017 del 53,7%. En el 2002 registró 1.212 habitantes y en el 2017 pasó a 10.975 habitantes. Chamicero, otro asentamiento urbano perteneciente a la comuna de Colina, no existía en el 2002 y en el 2017 registró una población de 7.747 habitantes. Asentamientos que se están transformando en ciudades satélites de Santiago, ciudades dormitorios, producto de los nuevos sistemas de carreteras que las conectan rápidamente con la capital.

Lampa y la comuna de Santiago son otros casos interesantes por el nivel de crecimiento de su población. Lampa creció de 12.319 habitantes en el 2002 a 37.599 en el 2017 con una Tcpa de 13,7 %, que refleja el crecimiento de la ciudad de Santiago al sector noroeste y donde el censo de 2017 registró a Valle Grande con 16.966 habitantes, un nuevo asentamiento, que no existía en el 2002. El caso de la ciudad de Santiago es un crecimiento de su población en edificios en altura. En el 2002 registró una población de 200.792 habitantes y al 2017 esta cifra se eleva a 402.847 habitantes con una Tcpa de 6,7 %, producto de la construcción de edificios en altura.

En la región de Los Lagos, la ciudad de Los Alerces muestra un crecimiento notable entre 2002 a 2017, pasó 3.024 a 42.267 habitantes en ese periodo, con una Tcpa del 86,5 %, siendo el crecimiento exponencial más alto de una ciudad localizada en el sur del país. Otro caso de ciudad dormitorio relacionada con Puerto Montt.

San Pedro de Atacama en la región de Antofagasta ha pasado de ser una aldea de 1.938 habitantes en el 2002 a la categoría de ciudad en el 2017 con 5.347 habitantes, cifra que no incluye la población flotante de turistas que llegan a esta ciudad a lo largo del año.

Cajón es otra aldea en la Región de La Araucanía, a 8 km al norte de la ciudad de Temuco, que en el 2002 sólo tenía 1.995 habitantes y pasa a ser ciudad en el 2017 con un registro de 5.673 habitantes. Otro ejemplo de ciudad dormitorio de Temuco que en el periodo indicado creció a una Tcpa de 12,3%.

En la séptima región sobresalen cuatro áreas urbanas con un crecimiento alto: Maule, Rauco, Romeral y Colbún. La primera relacionada con la ciudad de Talca y Rauco y Romeral con la ciudad de Curicó. Son áreas urbanas que han crecido a una Tcpa de 5.1% a 5,2 % casi duplicando su población entre el 2002 y 2017. En el caso de Colbún su crecimiento del 5,9 % está asociado al embalse y la hidroeléctrica.

Mención especial es el asentamiento de Hanga Roa en la Isla de Pascua, que de una simple aldea de 3.304 habitantes en el 2002 duplicó su población en el 2017 con 7.163 habitantes y una Tcpa del 7,8% colocándola a la cabeza de las ciudades del país con crecimiento alto.

Con un crecimiento medio a alto están las capitales regionales, La Serena, Talca, Antofagasta, Iquique y Arica. Varias capitales de regiones están estancadas en su crecimiento entre las que se destacan Rancagua, Chillán, Concepción, Temuco, Puerto Montt, Coyhaique, Punta Arenas. Por último, la ciudad de Valparaíso es la única capital regional con crecimiento negativo.

8.1.5 Las conurbaciones

El Instituto Nacional de Estadísticas de Chile (INE) define conurbación como la “unión física de dos o más centros urbanos de origen y desarrollo relativamente independiente, producto de la expansión territorial urbana de uno de ellos o de ambos a la vez”. Este es un proceso continuo en la medida que las ciudades crecen constituyendo diferentes tamaños de ciudades, que según el INE las clasifica en:

La Metrópolis: como “la mayor representación urbana de un país” con más de 1.000.000 de habitantes, concentrando un elevado porcentaje de la población total de Chile. Con esta definición sólo está la ciudad Santiago de Chile, también conocida como el Área Metropolitana de Santiago o Gran Santiago.

La **Gran Área Urbana**, como “áreas macrourbanas, que reúnen entidades de diversas comunas y que por procesos de conurbación han conformado una gran área urbana, sin apreciarse límites de separación entre ellas”, indicando que su población debía superar los 500.000 habitantes, pero inferior a 1.000.000”. Las **Grandes Áreas Urbanas**, por el volumen de población, son el **Gran Valparaíso** y el **Gran Concepción** de cerca de 1.000.000 de habitantes cada una de ellas.

Ciudades Mayores, que son aquellas que son «capitales regionales o provinciales, y que cuentan con una población entre 200.001 y 500.000 habitantes» (La Serena, Antofagasta, Temuco, Rancagua, Iquique, Puerto Montt, Arica, Talca, Chillán, y Los Ángeles).

8.1.5.1 a Área Metropolitana de Santiago o Gran Santiago.

Está conformada por 33 comunas de la Provincia de Santiago, más San Bernardo, Puente Alto y Padre Hurtado. Hay dos asentamientos urbanos uno de ellos Ciudad de los Valles, que no está conurbado pero forma parte de la comuna de Pudahuel y Valle Grande/ Chicau-ma, asentamiento unido a la Gran ciudad perteneciente a la comuna de Lampa. La población de esta aglomeración urbana alcanzó en el 2017 a 6.361.942 habitantes.

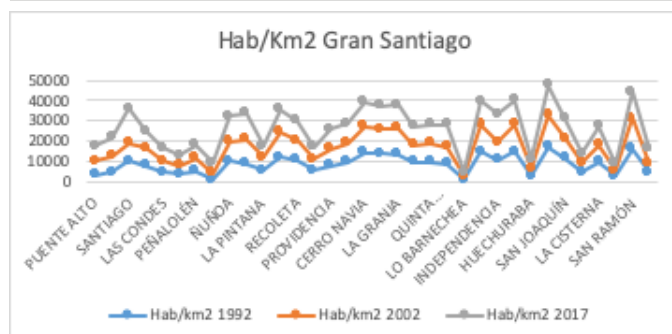
El Gran Santiago desde hace varios años sigue siendo la única ciudad que sobrepasa el umbral del millón de habitantes. Su crecimiento ha sido continuo según información de los censos de población. Sin embargo, al interior del territorio ha experimentado serios cambios en la densidad de habitantes por Km², como se puede observar en la siguiente figura que muestra cómo las comunas del corazón original de la ciudad se han densificado, producto de cambios en las regulaciones de densidad y autorizaciones para construcciones en altura.

Al analizar en porcentaje el crecimiento o disminución en las densidades de hab/km² en las comunas del Gran Santiago entre los años de 1992 y las de 2017, se observa que algunas, como la de Quilicura, la densidad en hab/km² creció un 410 %, seguido por Puente Alto, Lo Barnechea, con un incremento del 122,4 y 105,9 % respectivamente. Entre un 50 al 100 % de incremento están las comunas de Maipú, Santiago. Cerrillos, Huechuraba y San Bernardo. En el tramo de un 20 al 50 % están las comunas de Pudahuel, Las Condes, Peñalolén, San Miguel, Independencia, Providencia y Ñuñoa. Finalmente, con un bajo incremento en el porcentaje de densidad están las comunas de Vitacura, La Pintana y La Reina.

Comunas con un porcentaje negativo de menos de 10 a un menos 0,1 % están Recoleta, El Bosque, Quinta Normal, La Cisterna, Macul

y Estación Central. Entre un menos 10% a un 20 % están las comunas de La Granja, Lo Prado, Cerro Navia, Conchalí, San Joaquín, Lo Espejo y San Ramón, comunas que en su mayoría mostraron una disminución de su población entre los censos de 2002 y 2017. La comuna de Pedro Aguirre Cerda con un -22,5 % es la más afectada en pérdida de densidad de hab/km² que disminuyó en población entre los dos últimos censos en un -13,2 %

Figura 8.3



FUENTE: INE Censos de Población 1992-2002-2017

8.1.5.1 b Las grandes áreas urbanas y ciudades mayores

Están representadas por el Gran Valparaíso y el Gran Concepción. Ambos complejos urbanos constituyen los siguientes en total de habitantes en el país. El primero localizado a unos 100 km del Gran Santiago y el segundo a 700 km al sur.

El Gran Valparaíso está conformado por las ciudades de Valparaíso, Concón, Quilpué, Viña del Mar y Villa Alemana, que en su conjunto comprenden un total de 896.528 habitantes al año 2017, constituyéndose en el segundo conglomerado urbano del país.

Cuadro 8.5

Gran Valparaíso	Población
Valparaíso	251.177
Concón	147.991
Quilpué	125.140
Viña del Mar	332.875
Villa Alemana	39.345
Total	896.528

FUENTE. INE Censo de población 2017

El Gran Concepción, lo integran las ciudades de Concepción, Chiguayante, Hualpén, Penco, San Pedro de la Paz y Talcahuano, con un total de 719.944 habitantes.

Cuadro 8.6

Gran Concepción	Población
Concepción	217.537
Chiguayante	147.831
Hualpén	131.521
Penco	90.704
San Pedro de la Paz	85.633
Talcahuano	46.718
Total	719.944

FUENTE. INE Censo de población 2017

Ciudades Mayores, en esta categoría se encuentra la conurbación formada por las ciudades de La Serena y Coquimbo con un total de 399.450 habitantes.

Cuadro 8.7	
Gran Valparaíso	Población
La Serena	204.068
Coquimbo	195.382
Total	399.450
FUENTE. INE Censo de población 2017	

8.2 CALIDAD DE VIDA Y MEDIO AMBIENTE URBANO

8.2.1 Calidad de vida en las ciudades

8.2.1.1 La pobreza en los asentamientos humanos (ver Cap. 3 de la Primera Parte)

En el país la pobreza se mide a través de un método relacionado con los ingresos de los grupos familiares. Se considera en situación de pobreza a aquellos hogares cuyos ingresos son insuficientes para satisfacer las necesidades básicas, alimentarias y no alimentarias de sus miembros. Por otra parte, se considera en situación de indigencia a aquellos hogares que aún cuando destinaran todos sus ingresos a la satisfacción de las necesidades alimentarias de sus integrantes, no lograrían satisfacerlas adecuadamente.

Desde 1985 y, cada dos años, se realiza una evaluación de la pobreza a través de la Encuesta de Caracterización Socioeconómica Nacional (CASEN)⁶. De manera que se dispone de una amplia base de datos que permiten caracterizar este fenómeno, tanto sus retrocesos como avances en la sociedad chilena, y, en especial, en los asentamientos humanos. Para efectos de este estudio, los datos de preferencia se referirán a los resultados de las CASEN de 1992 a 2017, cuyas bases de datos fueron procesadas utilizando el programa estadístico “GNU PSPP”.

Por otra parte, para realizar las estimaciones a partir de la muestra se aplicaron los factores de ponderación disponibles para cada base de datos; mientras que los datos de pobreza urbana y rural, fueron contruidos utilizando como filtro la variable “zona” disponible para todas las bases de datos.

8.2.1.2 Las dimensiones de la pobreza a nivel nacional

La pobreza en Chile ha experimentado una disminución notable en el período de 1992 a 2017. De acuerdo con la encuesta CASEN de 1992 la pobreza total alcanzó a un 32,8 % de la población. La pobreza en los asentamientos urbanos alcanzó al 32,5 % y la rural se elevó al 33,8 %, mientras que la pobreza extrema alcanzaba al 9 % de la población.

Al año 2017 - 25 años después la encuesta CASEN - muestra un panorama bastante diferente con una disminución de la pobreza total al 8,5 % de la población; la urbana bajó al 7,4 % y la rural, aún con valores altos, alcanzó al 16,4 % y la extrema pobreza bajó al 2,3 % de la población.

Si bien los niveles de pobreza han bajado continuamente a lo largo de estos 25 años, de todas maneras se observan altos y bajos; en especial la pobreza rural evidencia un incremento en las últimas encuestas según se muestran en el cuadro y figuras siguientes.

Figura 8.4

	Diferentes categorías de pobreza en Chile 1992- 2017											
	1992	1994	1996	1998	2000	2003	2006	2009	2011	2013	2015	2017
Pobreza	32,5	25,7	21,9	20,6	19,6	18,4	13,8	15,3	14,8	12,3	10,1	7,4
Urbana	32,5	25,7	21,9	20,6	19,6	18,4	13,8	15,3	14,8	12,3	10,1	7,4
Rural	33,8	32,8	30,3	27,4	23,7	19,8	12,1	13	11,7	27,8	21,9	16,4
Pobreza Total	32,8	27,6	23,2	21,6	20,2	18,6	13,7	15,1	14,7	14,3	15,1	8,5
Pobreza Extrema	9	7,5	5,7	5,6	5,5	4,6	3,2	3,7	2,9	4,5	3,5	2,3

6 A partir del año 2013 se introduce la categoría de pobreza multidimensional, la cual buscaba superar las limitaciones de la mirada que acota la pobreza a los niveles e ingreso. Sin embargo, este último enfoque se mantuvo lo cual permitió construir las series históricas para el período bajo una misma definición de pobreza.

Figura 8.5

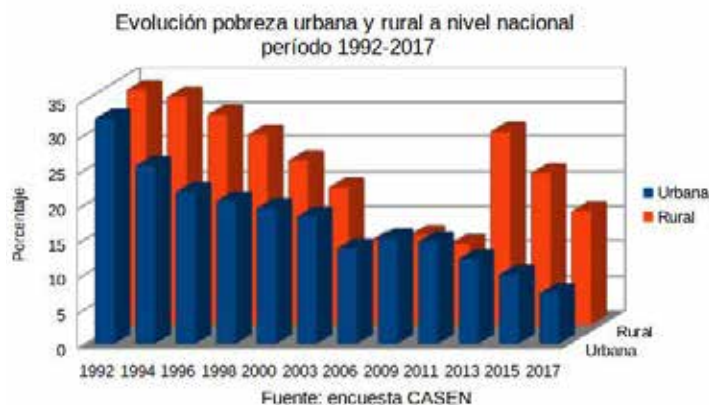
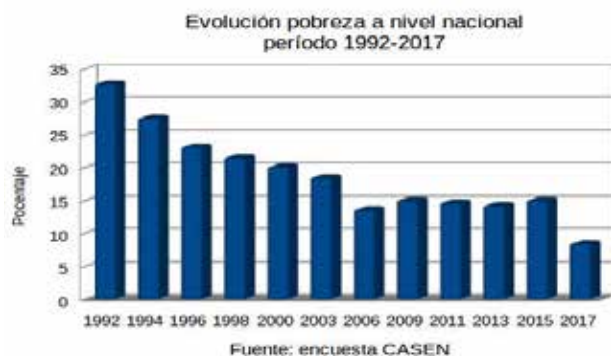


Figura 8.6



Formación de la encuesta CASEN se encuentra desagregada a nivel de región y comuna, a partir de cuyas dimensiones se construyó las categorías de pobreza urbana y rural correspondientemente. Sin embargo, es necesario aclarar que la información correspondiente a la pobreza urbana refleja, la mayoría de las veces, la pobreza en el principal asentamiento urbano de la comuna.

8.2.1.3 Las dimensiones de la pobreza urbana en Regiones

- En asentamientos de 2.000 a 4.999 hab.

Dentro de esta categoría, el comportamiento de la pobreza urbana se observa, en general, una disminución significativa en las comunas de Putre y María Elena. Más al sur, el comportamiento de la pobreza rural es más errático. La comuna de Empedrado presenta un significativo avance positivo, la pobreza urbana disminuye del 62,6 % al 14,6 % de la población. Algo similar ocurre en la región de Ñuble con las comunas de Cobquecura, Ninhue y San Fabián. Un retroceso significativo se presenta en la comuna de Antuco donde la pobreza aumenta de un 38% a un 43 % de la población hacia fines del período. Por otra parte, las comunas de Quilaco y San Rosendo disminuyen la pobreza urbana cerca del 50 % en los 7 años de encuesta, mientras que en Contulmo la disminución de la pobreza urbana avanza más lentamente, pasando del 23,4% al 18,2 % entre los años 2000 a 2017 como se puede apreciar en el cuadro siguiente.

Cuadro 8.8 Evolución de la pobreza urbana comunas de 2.000 a 4.999 habitantes por macro zonas del país. CASEN 1994-2017

Región	Comuna	2000	2003	2006	2009	2011	2013	2017
Antofagasta	María Elena	14,8	5,7	5,3	6,9	6	13	4,1
Arica y Parinacota	Putre	55,4	47,2	20,1	39,3	31,1	24,5	10,8
Maule	Empedrado	62,6	40,2	34,3	43,3	29,4	5,5	14,6
Ñuble	Cobquecura	31	27,4	20,1	38,3	9,9	25,4	8,9
Ñuble	Ninhue	41,3	45,2	35,9	23,1	33,7	41,8	13
Ñuble	San Fabián	41,2	31,8	42	24,8	24,2	26,4	19,2
Biobío	Antuco	38,3	38,8	10,7	34,4	39,5	42,8	43,5
Biobío	Quilaco	46	47,6	36,2	27,9	24,9	22,2	20,6
Biobío	San Rosendo	44,2	32,1	25,6	29,6	41,6	20,5	20,2
Biobío	Contulmo	23,4	36,4	29,8	32,6	30,4	12,4	18,2

- En asentamientos de 5.000 a 9.999 hab.

Para esta categoría, la pobreza urbana, en las diferentes macro regiones del país, ha experimentado una disminución notable, como es el caso de la comuna de Panquehue que bajó del 21,1% al 2,4 % de su población; algo similar ocurrió con la comuna de San Rafael que bajó del 37 % al 3,1 %. Más al sur están las comunas de Curarrehue con el 2,9 % y San Juan de la Costa que disminuyó del 50 % al 3,9 %.

En el otro extremo se ubican comunas cuyos niveles de pobreza urbana, para el año 2017, continúa siendo elevada. Como ocurre en las comunas de Andacollo con el 17,5 %, Pelluhue con el 16,5 % y en la región de la Araucanía con Ercilla 21,3 %, Lumaco 18,5 %, Toltén con el 19,4 % y Galvarino con el 16,7 % de la población. El resto de las comunas siguen teniendo valores de pobreza urbana en valores medianos, pero significativamente menores a los observados en el año 2000.

El siguiente cuadro muestra los valores para cada comuna.

Cuadro 8.9 Evolución de la pobreza urbana comunas de 5.000 a 9.990 habitantes en macro regiones del país, CASEN 2000-2017

Región	Comuna	2000	2003	2006	2009	2011	2013	2017
Atacama	Huasco	21,1	21,8	7,9	6,9	13,4	4,1	7,6
Atacama	Diego de Almagro	10,6	11	4,3	11,7	6,4	5,9	6,8
Coquimbo	Andacollo	36,7	34	28,4	16,6	17,5	14,6	17,5
Coquimbo	Canela	39,3	15,9	13,5	18	27,5	21,8	11,5
Valparaíso	Petorca	37,3	26,2	23,2	22,2	20,4	18,9	7,3
Valparaíso	Rinconada	26,5	31,7	14,1	6,3	2,2	23,6	10,5
Valparaíso	Panquehue	39,4	21	9,5	19,4	13,5	9,4	2,4
Maule	Pelluhue	38,7	23,5	22,4	33	11,7	20,8	16,5
Maule	Chanco	42,2	29,9	32,4	27,1	27,8	21,4	8,3
Maule	Pelarco	40,9	40,5	18,8	34,2	17,2	26	11,9
Maule	Curepto	45,6	13,7	29,6	7,2	24,7	27,1	10
Maule	San Rafael	37	49,2	17,8	40,6	15,9	23,1	3,1
Ñuble	Pemuco	39,4	44,9	34,4	33,1	27,7	25,8	12,5
Ñuble	San Nicolás	43,9	48,1	51,8	31,7	27,2	22,6	7,3
Bíobío	Negrete	51,4	46,8	41,9	36	36,7	32,7	11,3
Bíobío	Florida	51,8	57	18,7	23	26,9	25,9	12,4
Araucanía	Ercilla	57,3	38,8	44,1	48,7	50	33,7	21,3
Araucanía	Perquenco	63,1	50,5	37,3	45,4	29,4	62,1	12,2
Araucanía	Curarrehue	36,7	50,7	25,3	20,4	21,5	10,4	2,9

Araucanía	Lumaco	30,2	39	34,8	47,6	29,9	16,9	18,5
Araucanía	Toltén	31,9	37,4	20,1	46,3	34,8	39	19,4
Araucanía	Galvarino	24,5	52,5	25,8	19,3	28,8	29	16,7
De Los Lagos	San Juan de la Costa	50	76,2	40,3	19,1	26,6	43,3	3,9
De Los Lagos	Quinchao	8,7	17,4	13,4	10,5	21,7	29,6	10,2
De Los Lagos	San Pablo	28,8	38	30,7	29,1	31,9	43,9	10,4
De Los Lagos	Puerto Octay	25,4	48	23,1	32,9	38,8	29,4	9,7
Los Ríos	Lago Ranco	22,7	26,4	29,7	17,6	25,2	21	6,2

- En asentamientos de 10.000 a 19.999 hab.

En esta categoría de comunas, Quillón con el 1,3 % de pobreza presenta el porcentaje más bajo, seguida por el Quisco con 1,9 %, Puchuncaví con el 2,4 % y Olmué con el 3,1 %. En el rango de 5 a 10 % están Mejillones con el 7,9 %, San José de Maipo con el 9,1 %. Putaendo con el 9,7 % y Tiltill con el 9,9 %. Entre el 10 y 20 % se destacan las comunas de: Tocopilla con el 10,1 %, San Ignacio y Santa Bárbara con el 11,1% cada una, Tierra Amarilla con el 11,5 %, Tucapel con el 11,7 %, Santa Juana con el 12,7 %, Laja con el 13,4 %, Caldera con el 14,2 %, Chañaral con el 15,7 %, Hualañé con el 16,5 %, Catemu con el 18,3 %, Yumbel con el 18,9 % y Yungay con el 19 %. Detalle de la evolución de esta pobreza a través de los años aparecen en el cuadro siguiente.

Cuadro 8. 10

Evolución de la pobreza urbana comunas de 10.000 a 19.990 habitantes en macro regiones										
del país CASEN 1992-2017										
Región	Comuna	1992	1994	2000	2003	2006	2009	2011	2013	2017
Antofagasta	Mejillones	33	22,2	20,1	15,1	5	4,6	4	8,7	7,9
Antofagasta	Tocopilla	40,18	44,5	40,1	17,9	11,6	13	9,8	1,7	10,1
Atacama	Chañaral	51,4	43,1	30,1	32,3	12	24,2	11,9	10,1	15,7
Atacama	Caldera	35,8	37,2	23,3	21,1	14,3	13,2	10,8	6,9	14,2
Atacama	Tierra Amarilla	38,1	40,6	25,8	28,8	14,6	25,4	12,3	6,1	11,5
Valparaíso	El Quisco	59,2	41,1	21,1	19,9	10,8	10,8	17,5	8,6	1,9
Valparaíso	Putendo	37,2	29,7	31,8	18,6	29,7	12,2	24,7	5,8	9,7
Valparaíso	Puchuncaví	62,5	43,4	35,7	10,4	17,9	16	18,6	14	2,4
Valparaíso	Catemu	38,4	39,2	28,5	21,5	17,9	10,4	6	16,9	18,3
Valparaíso	Olmue	53,8	43,8	26	26	17,5	11,3	13,1	27,5	3,1
Maule	Hualañé	41,4	55,3	39,1	41	34,3	41,5	28,1	25,2	16,5
Ñuble	Quillón	69	79,4	35,2	35,4	25,3	24,2	14,3	20,1	1,3
Ñuble	San Ignacio	61,43	43,8	63,8	56,2	53	34,1	29,3	36,1	11,1
Ñuble	Yungay	47,8	43,8	26,5	29,7	29,4	27,6	24,2	34	19
Biobío	Tucapel	76	75,3	40,1	37,5	22,4	25,3	15,6	16,8	11,7
Biobío	Santa Bárbara	65,7	58,5	26,1	42,9	22,9	36,2	29,5	20,5	11,1
Biobío	Santa Juana	50,8	56	46	36,9	21,2	26,5	26,9	25,5	12,7
Biobío	Laja	51,6	18,2	42,6	33,6	19,3	19,6	13,8	23,2	13,4
Biobío	Yumbel	63,3	71,2	42,1	34,3	27,4	31,6	36,8	16,6	18,9
Metropolitana	Tiltill	37	26,4	24,4	18,9	12,1	11,8	25,5	7,2	9,9
Metropolitana	Sn.José de Maipo	29,3	13,5	19,1	16,5	10,4	10,7	10,9	7,2	9,1

- En asentamientos de 20.000 a 49.999 hab

La pobreza urbana, en esta categoría de comunas, mayoritariamente se encuentra en el rango de 10 a 20 % de pobreza Angol y Curanilahue con 11,6 % cada una, Arauco con el 13,3 %, Cañete con el 14,5 %, Cauquenes con el 15,7 %, Parral con el 17,4 %, Chimbarongo con el 19,1 % y La Ligua con el 18 %. En el rango de 0 a 10 % sólo hay 5 comunas: Puerto Natales con el 2,4 %, Limache con el 4,7 %, Vallenar con el 6,8 %, Aysén con el 9,1 % y Lebu con el 9,4 %. Pitrufrquén se eleva a 28 %. Como se puede apreciar, un número alto de comunas con este tipo de pobreza se localizan en la Araucanía. Detalles de la evolución de la pobreza se encuentra en el cuadro siguiente.

Cuadro 8.11

Evolución de la pobreza urbana comunas de 20.000 a 49.990 habitantes en macro regiones										
		del país CASEN 1992-2017								
Región	Comuna	1992	1996	2000	2003	2006	2009	2011	2015	2017
Atacama	Vallenar	38	35,1	32,1	21,6	8,6	22,6	16,9	9,4	6,8
Valparaíso	La Ligua	46,4	39,1	31,7	27,9	24,1	16,2	29,3	14	18
Valparaíso	Limache	28,1	28,7	24	20	20,6	10,5	30,8	11	4,7
O'Higgins	Chimbarongo	35,2	43,3	50,3	23	27,1	27,1	21,2	24,5	19,1
Maule	Parral	38,2	42	38,6	27,8	27,6	24	36,9	20,6	17,4
Maule	Cauquenes	53,4	37,7	31,8	36,6	28,9	35,3	31	26,3	15,7
Araucanía	Lebu	61	42,1	42,9	46,9	38	40,7	29,1	26,7	9,4
Araucanía	Arauco	39,6	35,3	32	21,5	21,5	15,5	36,6	17,1	12,3
Araucanía	Curanilahue	52,1	48,5	44,1	35,4	31,9	31,4	23,8	13,9	11,6
Araucanía	Cañete	55,2	48,7	38,9	35,1	28,2	33,5	31,7	21,4	14,5
Araucanía	Angol	55,2	42	38,5	23,1	23,4	43,3	18,5	22,9	11,6
Araucanía	Pitrufquén	43,2	27,8	36,5	39,7	27	26,6	31,8	19,8	28
Aysén	Aysén	33,4	25,4	25,7	14,8	5,5	18,7	12,1	4,4	9,1
Magallanes	Puerto Natales	43,3	24	17,1	16,1	11,2	14,5	7,7	5,3	2,4

- En asentamientos de 50.000 a 99.999 hab.

La pobreza urbana en las comunas de esta categoría tiene valores inferiores al 10 %, como lo muestra Coyhaique con 2,6 % y Constitución con 7,8 %; y, en el rango de 10 a 15 %, sólo hay dos comunas Quillota con 10,3 % y Villarica con 12%. El cuadro siguiente muestra la evolución.

Cuadro 8.12

Evolución de la pobreza urbana comunas de 50.000 a 99.990 habitantes en macro regiones										
		del país CASEN 1992-2017								
Región	Comuna	1992	1996	2000	2003	2006	2009	2011	2015	2017
Valparaíso	Los Andes	25,5	20,2	18,6	19,8	8,3	7,7	13,7	5	6
Valparaíso	Quillota	39,7	14,5	18,6	21,3	15,2	16	18,5	10,5	10,3
O'Higgins	San Fernando	34,7	25,8	23	23,1	9,1	16,1	15,9	10	10,9
Maule	Constitución	23,2	34,6	34,6	20,4	21,4	14,3	15,8	23	7,8
Maule	Linares	49,8	34,7	28,5	24,1	26,5	28,8	20,4	14,3	10,8
Biobío	Tomé	55	35,4	32,5	40,2	29,1	25,2	24,5	11	6,9
Biobío	Penco	56	32,6	35,2	31,6	19,5	29,3	22,2	17	7
De los Lagos	Villarica	21,7	34,6	43,6	34,8	21,7	21,3	20,1	17,1	12
Aysén	coyhaique	31,1	24,4	11	14,3	12	15,8	10,3	5,8	2,6
Metropolitana	Conchalí	33,8	10,6	18,5	12,4	7,9	11,3	12,3	10,1	7,2
Metropolitana	Macul	22,7	10	13,7	9,1	13,4	15,4	9,2	5,3	7,4
Metropolitana	P. Aguirre Cerda	37,6	18	15,6	10,9	6,3	12,8	13,7	11	5,5
Metropolitana	San Miguel	18,2	4,6	8,2	5,7	2,4	4,5	15,9	3,4	5,4
Metropolitana	Estación Central	26,1	13,6	12,8	9,4	7,2	9,1	17,7	6,1	5,7

- En asentamientos de 100.000 a 499.999 hab.

En esta categoría de comunas se presenta un amplio rango de porcentajes de pobreza urbana. Entre 0 y 5 % hay 15 comunas, la Condes con 0,1 % y el valor más alto del rango está en la comuna de Melipilla con el 4,8 %. En el rango de 5 a 10 % hay 21 comunas; el valor más bajo es para la comuna de Antofagasta con 5,1 % y el más alto para San Bernardo con 9,7 %. En el rango 10 a 15 % está La Serena con el valor más bajo del rango con 10,1 % y el más alto Los Ángeles con 15,1 %. El cuadro muestra la evolución de este tipo de pobreza.

Cuadro 8.13

Evolución de la pobreza urbana comunas de 100.000 a 499.990 habitantes en macro regiones										
		del país CASEN 1992-2017								
Región	Comuna	1992	1996	2000	2003	2006	2009	2011	2015	2017
Taparacá	Iquique	17,3	16,6	16,8	7,7	7,4	16,2	8,9	5,3	4,3
Arica y Parinacota	Arica	34,3	24	24,9	23,5	19,3	12,9	16,1	8,2	7,3
Antofagasta	Calama	30	17,1	8	12	9,9	10,3	6,1	4,4	4,5
Antofagasta	Antofagasta	30,8	14,5	12,9	9,8	6	6,9	8,2	5,1	5,1
Atacama	Copiapó	24,2	21,8	22,3	27,6	12	18,1	11,7	4,6	6,2
Coquimbo	Ovalle	35,4	32,3	24,4	19,9	24,6	31,1	22,1	15,5	4,6
Coquimbo	La Serena	42,3	15,6	15,4	17,5	16,7	13,9	15,2	7,8	10,1
Coquimbo	Coquimbo	37,7	30,1	25	22,3	12,6	14,6	15,1	9	13,1
Valparaíso	Valparaíso	34,9	26	25	20	15,3	22,6	19,7	15,4	6,7
Valparaíso	Viña del Mar	33,1	16,1	11,5	14,3	16,6	15,3	16	9,8	4,7
Valparaíso	San Antonio	37,6	24	24,7	23,5	25,4	18,1	21	7,8	8,1
O'Higgins	Rancagua	19,1	20,6	15,6	17,7	6,3	12,1	11,6	10,7	10,2
Maule	Curicó	24,3	29,2	21,5	15,1	11	26,1	14,6	12,5	9,4
Maule	Talca	42,2	23,8	18,2	24,4	16,9	18,8	20	14	7,6
Ñuble	Chillán	34,09	32,8	20,7	24,2	19	15,8	20	15,8	11,6
Biobío	Coronel	59	43,8	35	34,5	20	28,4	30,7	14,4	10,6
Biobío	Concepción	31,1	24,2	17,8	17,6	14,9	13,6	25,2	11,3	8,6
Biobío	Talcahuano	45,8	23,6	16,1	21,3	17,6	16,9	25,8	13	7,1
Araucanía	Temuco	37,4	23,8	19,4	19,5	10,9	21,1	21,3	14	8,1
De los Lagos	Puerto Montt	27,2	23	20,3	19,1	10,4	17,9	14,4	11,3	5,6
Los Ríos	Valdivia	41,3	29,7	23,1	20,4	16,2	17,7	17,3	10,7	7
Magallanes	Punta Arenas	22	12,4	10,3	12,2	5,7	8,1	5	4,4	2,1
Metropolitana	Santiago	23,4	3,5	7,9	8,2	7,3	7,3	4,2	5,9	3,9
Metropolitana	Recoleta	24,2	19,2	15,3	19,9	12,3	10	10,2	13,8	6,5
Metropolitana	Las Condes	1	3,4	0,2	2,9	2,2	1	1,9	0,5	0,1
Metropolitana	Ñuñoa	7,1	1,6	2,3	3,1	4,2	2,7	5,6	2,4	0,8
Metropolitana	La Florida	23	7,2	8,5	9,9	9,5	9,7	7,3	3,1	4,4
Metropolitana	La Granja	34	15	22	21,3	14,2	25,9	15,6	7,2	4,2
Metropolitana	La Pintana	44,1	29,2	31	25,9	17,2	30	15,9	13,8	14,5
Metropolitana	El Bosque	34,3	19,8	21,4	23	15,8	13,2	11	14,5	9,3
Metropolitana	Cerro Navia	35	26,6	23,9	21,7	17,5	18	13,5	12	7,2
Metropolitana	Colina	50	29,9	32,1	25,5	14,1	13	10,3	12,7	6,6
Metropolitana	San Bernardo	33,7	25	19,5	21,1	21,3	15,7	24,2	9,2	9,7
Metropolitana	Melipilla	33,4	17,7	19,2	16,3	12,2	12,6	17,4	11,9	4,8

- En asentamientos de 500.000 a 999.999 hab.

Sóamente hay dos comunas en esta categoría de comunas: Maipú y Puente Alto con más población según el censo de 2017. Los datos de pobreza al 2017 y cómo ha evolucionado aparecen en el siguiente cuadro. Las diferencias en porcentaje de pobreza son significativas entre las dos comunas en todos los tipos de pobreza.

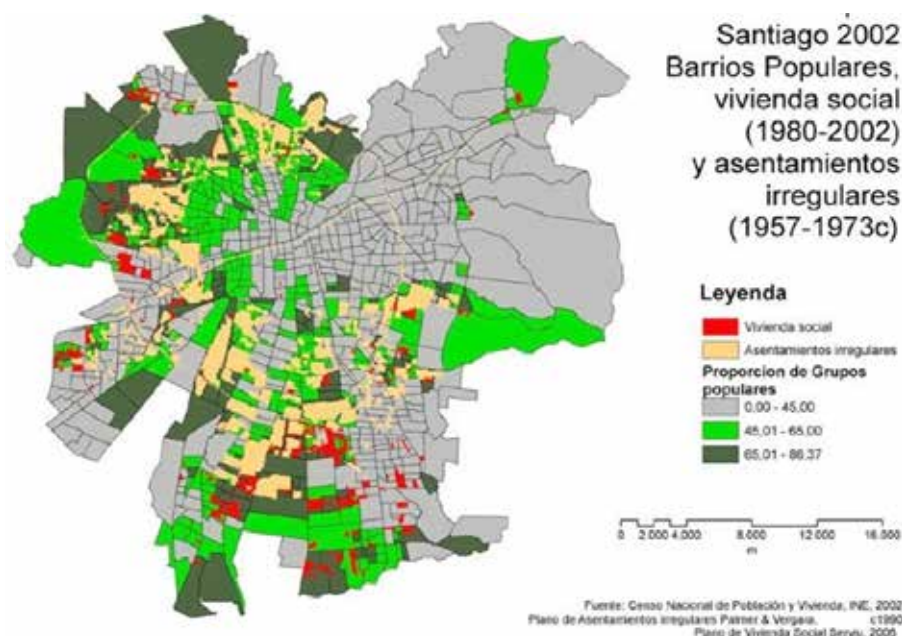
8.2.1.4 Segregación socio económica en las ciudades de Chile

Otro fenómeno que se observa en las ciudades que comienzan a extenderse, es la presencia de una segregación socio económica al interior del área urbanizada.

Los estudios sobre segregación socio económica normalmente estaban centrados en el Gran Santiago, ciudad que desde los años 1950 s poco poco comenzó a segregarse en barrios cada vez más exclusivos. El proceso en sus comienzos fue lento y en la medida que se produce una fuerte migración del campo a la ciudad de Santiago, se producen invasiones de terrenos con la aparición de las llamadas “poblaciones callampas” por aparecer de un día para otro. Estas invasiones dieron origen más adelante a urbanizaciones precarias de auto construcción y de bolsones de pobreza.

El siguiente mapa muestra cómo en un espacio con una relativa homogeneidad socio económica en la década de los 50 ´s, comienza a irrumpir en el período 1957-1973 asentamientos irregulares, vivienda social y sectores con diferente proporción de grupos populares.

Figura 8.7 Asentamientos irregulares (1957-1973) y vivienda social (1980-2002) en el Área Metropolitana del Gran Santiago.



FUENTE: Proyecto SOC-24 Anillos de Investigación en Ciencias Sociales: Barrios en crisis y barrios exitosos producidos por la política de vivienda social.

A mediados de 1953, en el Gobierno de Carlos Ibañez del Campo, se dictó el decreto que crea la Corporación de la Vivienda (CORVI), fusión de la Caja de Habitación y la Corporación de Reconstrucción y Auxilio. Una de las funciones de la CORVI fue la “construcción de viviendas económicas, así como de la ejecución, de la urbanización, de la reestructuración, de la remodelación y de la construcción de barrios y sectores comprendidos en el Plan de la Vivienda y de los Planos Reguladores elaborados por el MOP” (Art, No 2 y 3)⁷. Esta institución cumplió un rol destacado en la construcción de viviendas sociales en los diferentes espacios de la ciudad de Santiago, así como en otras ciudades del país. De alguna manera, esta institución generó una integración social en la ciudad, construyendo vivienda social en barrios de altos ingresos, donde de alguna manera se habían producido tomas de terrenos. También construyó viviendas en terrenos libres ubicados en los límites urbanos de Santiago en los años 1960's

A partir de los años 1980's, con el cierre de la CORVI y el traspaso de la construcción de vivienda de bajo costo al sector privado, asociado a los costos del suelo, condujo a que la vivienda social comenzara poco a poco a crecer al peri urbano de la ciudad, generándose una segregación socio económica del paisaje urbano no sólo del Gran Santiago, que también se está observando en el resto de las ciudades del país, capitales de provincia o regionales, que por años fueron ciudades con un nivel de integración socio económica aceptable y que en la actualidad muestran un patrón de segregación socio económica.

El mapa siguiente de la Fundación Vivienda, muestra que la construcción de viviendas sociales perduró entre 1934-1954. Primero la construcción se concentró en las comunas del antiguo Gran Santiago y posteriormente adquiere un fuerte impulso en las comunas del occidente y llama la atención la baja presencia y, en algunos casos, nula construcción social en las comunas del oriente de la ciudad.

7

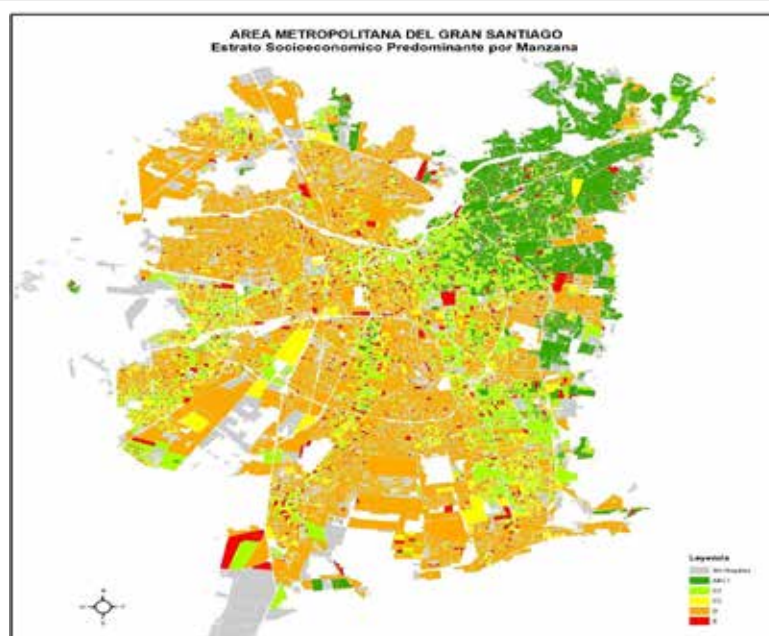
Raposo A “Estado, ethos social y política de vivienda. Arquitectura habitacional pública e ideológica en el Chile republicano del siglo XX (2000), Santiago de Chile, Universidad Central.

diferentes estratos sociales localizados en un determinado asentamiento humano, aplicando sistema de información geográfica.

En febrero de 2018 la Asociación de Investigadores de Mercados (AIM) dio a conocer el estudio “Nuevos Grupos Socioeconómicos” en el cual, con base en nuevas fuentes de datos, y a partir de los recursos del principal sostenedor del hogar, caracteriza los diferentes grupos socioeconómicos respecto de: el nivel de educación; ocupación; sistema de salud; tarjeta de crédito bancaria; vehículo particular y teléfono móvil. De manera que los grupos socioeconómicos se clasifican de menores ingresos a más en: E, D, C3, C2, C1b, C1a y AB¹⁰.

Con base en información censal del año 2002, a nivel manzana, A. Rasse confeccionó el siguiente mapa, identificando y localizando los estratos socioeconómicos tradicionales de ABC1, C2, C3, D y E, lo que permite identificar claramente cómo se presenta la segregación socioeconómica en el Gran Santiago, al año 2002.

Figura 8.9 Estrato socioeconómico predominante por manzana, Área Metropolitana del Gran Santiago, 2002

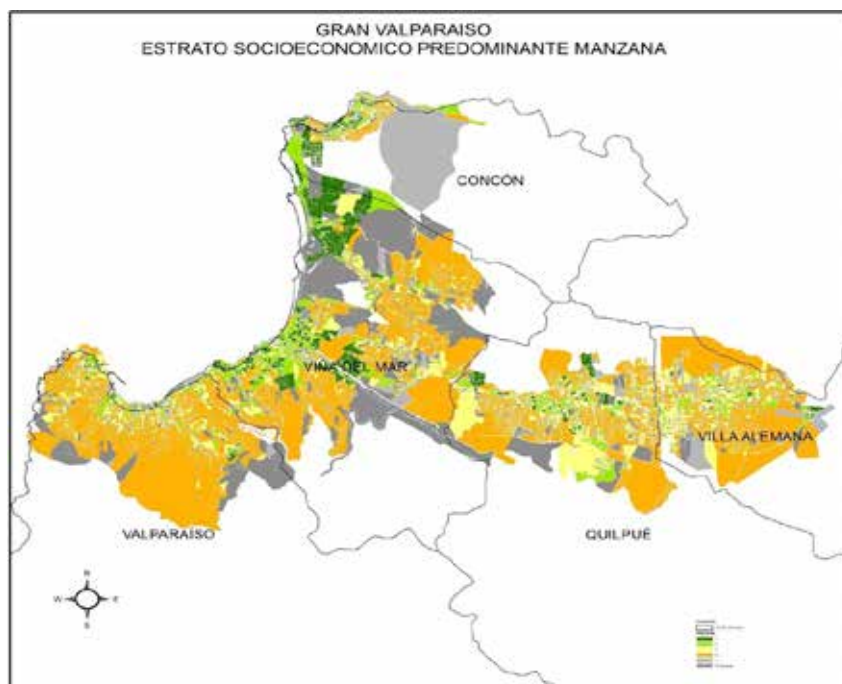


FUENTE: Tomado Alejandra Rasse Segregación residencial socioeconómica y desigualdad en las ciudades chilenas Serie Documentos de Trabajo PNUD – Desigualdad No. 2016/04 Agosto 2016

En el mismo estudio A. Rasse aplicó su metodología en otras ciudades del país. En el caso del Gran Valparaíso, la segunda agrupación urbana del país, los patrones de segregación socioeconómica no son tan definidos como en Santiago. Se observa una cierta concentración del estrato dominante, en el sector costero norte de Viña del Mar, en los límites con Concón, también en la localidad de Reñaca. En Valparaíso, Quipué y Villa Alemana se observa una menor segregación y mezcla de diversos grupos socioeconómicos.

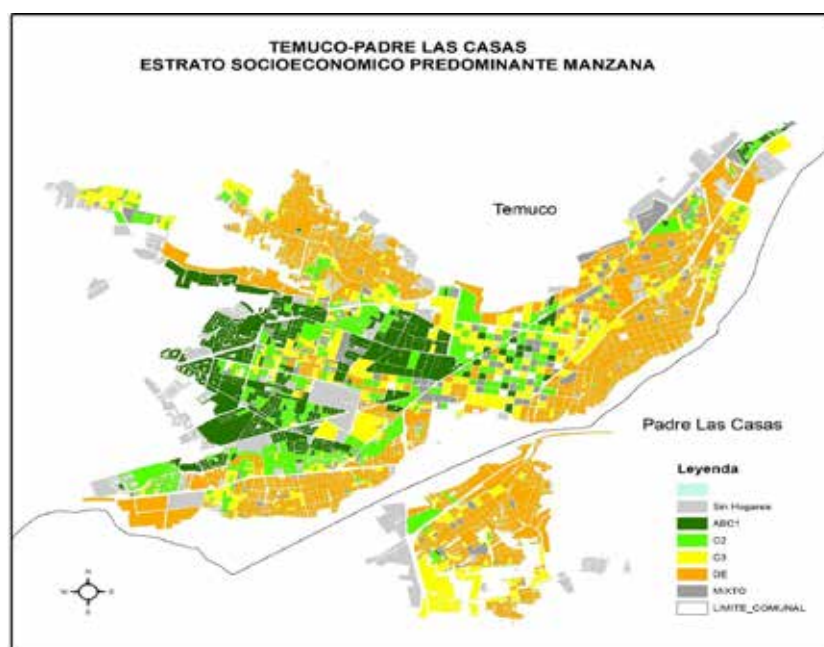
El padrón de segregación socioeconómica en la ciudad de Temuco-Padres Las Casas está claramente definido y localizado al oriente del casco antiguo de la ciudad, donde se localizan los estratos ABC1 y C2, mientras que los estratos C3 y D se encuentran de preferencia en el antiguo casco de la ciudad y en Padre Las Casas.

Figura 8.10 Estrato socioeconómico predominante por manzana, Área Metropolitana del Gran Valparaíso, 2002



FUENTE: Tomado Alejandra Rasse Segregación residencial socioeconómica y desigualdad en las ciudades chilenas Serie Documentos de Trabajo PNUD – Desigualdad No. 2016/04 Agosto 2016

Figura 8.11 Estrato socioeconómico predominante por manzana, Temuco- Padre Las Casas, 2002.



FUENTE: Tomado Alejandra Rasse Segregación residencial socioeconómica y desigualdad en las ciudades chilenas Serie Documentos de Trabajo PNUD – Desigualdad No. 2016/04 Agosto 2016

8.2.1.5 La vivienda y el déficit habitacional

El MINVU recientemente, con base en los datos del Censo de Población del 2017, estimó que el déficit habitacional en el país es de 393.613 unidades, una disminución significativa respecto a la del año 2002 estimado en 521.957. En este período inter censal 2002-2017 se han construido una cifra apreciable de viviendas, sin embargo, el déficit continúa, la vivienda se ha encarecido y la adquisición para nuevos hogares o allegados se ha limitado, empujando a parte de la población a radicarse en campamentos. A nivel de regiones el déficit presenta variaciones, siendo bajo en las regiones extremas del norte y del sur. El 39,3 % del déficit se concentra en la Región Metropolitana, seguida por Valparaíso con el 8,8 % y Biobío con el 6,8%. Los porcentajes para el resto de las regiones se muestran en el siguiente cuadro.

Cuadro 8.14 Déficit Habitacional

REGIÓN	TOTAL		
	2002	2017	
	DÉFICIT HABITACIONAL		%
Total País	521957	393613	100
Arica y Parinacota	7818	8785	2,2
Tarapacá	13095	13705	3,5
Antofagasta	20320	21172	5,4
Atacama	8682	7961	2,0
Coquimbo	20556	16421	4,2
Valparaíso	45194	34615	8,8
Metropolitana	232268	154608	39,3
O'Higgins	27515	16836	4,3
Maule	30863	19390	4,9
Ñuble	12799	9239	2,3
Biobío	41209	26666	6,8
La Araucanía	24440	20617	5,2
Los Ríos	10854	12406	3,2
Los Lagos	20938	25776	6,5
Aysén	2516	1793	0,5
Magallanes	2890	3623	0,9

FUENTE: MINVU Observatorio Urbano, Déficit Habitacional según componente.

Cuadro 8.15

REGIÓN	Allegados, hacinados e Independientes
	2017
Total País	93830
Arica y Parinacota	1342
Tarapacá	2347
Antofagasta	3498
Atacama	1390
Coquimbo	3554
Valparaíso	7957
Metropolitana	49245
O'Higgins	3997
Maule	4369
Ñuble	1534
Biobío	5656
La Araucanía	3738
Los Ríos	1413
Los Lagos	2842
Aysén	359
Magallanes	589

FUENTE: MINVU Observatorio Urbano.

El estudio del MINVU en la información del Censo del 2017 estimó para cada una de las regiones el total de hogares que estaban allegados, hacinados o independientes que requerían viviendas. Esta necesidad de vivienda alcanza a un total de 93.830 de las cuales casi el 50 % está localizada en la región Metropolitana de Santiago.

Por otra parte, la Cámara Chilena de la Construcción (CCHC) con base en los datos de la encuesta CASEN del 2017 del Ministerio de Desarrollo Social, estimó el déficit de vivienda en todo el país para los deciles I a X. Los resultados de este estudio difieren en cifras con los del MINVU, siendo más altos. A nivel nacional estima que el déficit es de 739.603 viviendas necesarias para un total de 2,2 millones de personas, de las cuales las viviendas requeridas para eliminar el allegamiento alcanzan a 425.660 y las necesarias para reemplazar las unidades deterioradas a 313.943.

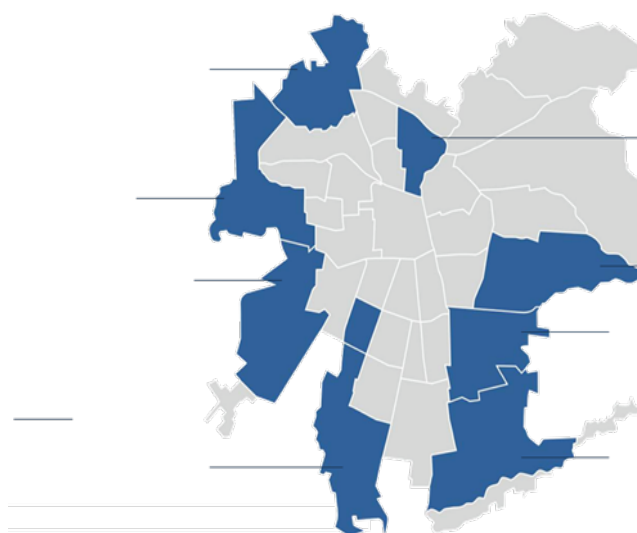
Para la región Metropolitana de Santiago, donde se localiza el porcentaje más alto de nuevas viviendas, el estudio de la CCHC identificó en que hay 10 comunas con el mayor déficit de viviendas con los resultados indicados en siguiente cuadro y figura.

Cuadro 8.16

Comunas	Con más
R.M Santiago	Deficit
	Habitacional
Recoleta	9.625
Quilicura	18.424
Pudahuel	15.358
Maipú	20.179
Lo Espejo	8.846
San Bernardo	19.339
Malipilla	9.420
Peñalolén	8.731
La Florida	14.346
Puente Alto	22.441
Total	146.709

FUENTE: CCHC.

Figura 8.12



8.2.1.5 a Campamentos: otro tipo de asentamiento humano

Los campamentos son una versión mejorada de las tomas de terreno urbanos de los años 1960's conocidas como las "poblaciones callampas" debido a que surgían de un día para otro. Los diferentes gobiernos de una u otra forma han tratado de disminuirlos o en otros casos trasladándolos a otros sectores del territorio, pero en la actualidad, a pesar de las mejoras en los estándares de vida de la población, estos asentamientos marginales y transitorios continúan proliferando en los alrededores de las grandes ciudades. Un campamento es un asentamiento de ocho o más hogares que habitan en posesión irregular un terreno, en donde falta al menos uno de los tres servicios básicos agua potable, electricidad y alcantarillado y cuyas viviendas son precarias, están agrupadas y contiguas.

El MINVU es la institución del gobierno que atiende de manera oficial a la población que de estos asentamientos que sobrevive en condiciones de marginalidad, de pobreza y en un medio hábitat deteriorado. Junto a la acción oficial del gobierno está la sociedad civil a través de ONG's, la Fundación para la Superación de la Pobreza, el Techo para Chile, entre otras. La Fundación en el año 2011 realizó un censo de campamentos en el país que dio como resultado la existencia de cerca de 30.000 familias viviendo distribuidas en 657 campamentos en el país, localizados de preferencia en las regiones Metropolitana, Valparaíso y Biobío, que al año 2011 concentraban el 61 % de los campamentos del país. De acuerdo a la información de ese año, el promedio de antigüedad de los campamentos era de 21 años y algunos con más de 30 años.

El número de campamentos ha fluctuado a través de los años. Entre el 2011 y 2013 aumentaron en 48, el año 2016 disminuyó en 45 y volvió a surgir en el 2017 a 702.

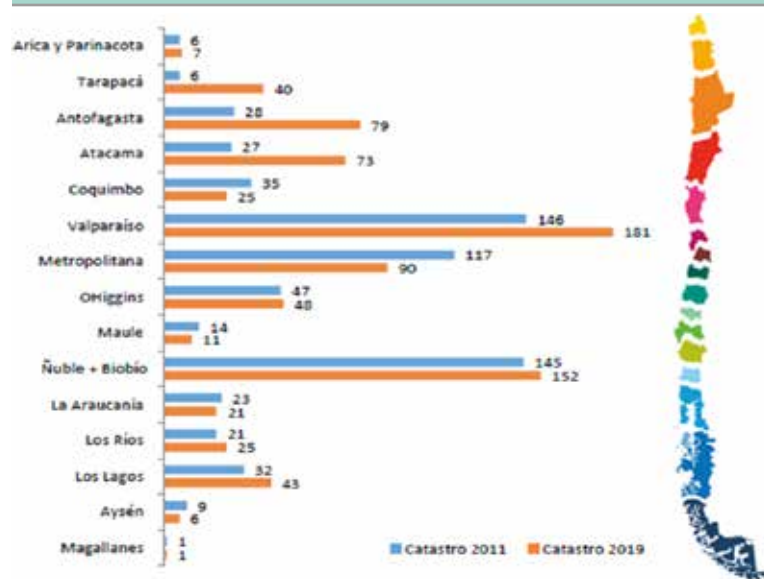
Al año 2018 el MINVU realizó un completo levantamiento de los campamentos en el país, localizando un total de 822, con 46.423 familias, un incremento del 165 asentamientos comparados con el año 2011, según se muestra en el siguiente cuadro y figura.

Cuadro 8.17 Catastro Nacional de Campamentos

Región	Campamentos en 2011	Campamentos en 2018
Arica y Parinacota	6	7
Tarapacá	6	42
Antofagasta	28	78
Atacama	27	72
Coquimbo	35	26
Valparaíso	146	182
RM	117	91
Libertador Bernardo O'Higgins	47	50
Maule	14	10
Ñuble	n/d	21
Biobío	145	138
Araucanía ²³	23	23
Los Ríos ²¹	21	26
Los Lagos	32	50
Aysén del General Carlos Ibáñez del Campo	9	6
Magallanes y la Antártica Chilena	1	0
TOTAL	657	822
Total Familias	27.378	46423

FUENTE: MINVU, 2019

Figura 8.26 Comparación catastro campamentos 2011 y 2018



FUENTE: MINVU, 2019.

Al observar la problemática de los campamentos desde los hogares, las cifras son muy relevadoras, en especial para algunas regiones. Así, en Antofagasta, los hogares se incrementaron entre el 2011 y 2018 en un 620 %, en Atacama en un 360 % y en Tarapacá en un 253 %.

Del total de la población encuestada en los campamentos, el 27,4 % es de nacionalidad extranjera, principalmente de Bolivia, Colombia y Perú.

Las razones que la población indica por qué se establecen en este tipo de asentamiento son de variada índole: la principal es el alto costo de los arriendos (31%), necesidad de independencia por vivir como allegados (24%) y bajos ingresos (11%). (MINVU, 2019).

8.2.1.6 Acceso a los servicios básicos

La población radicada en los asentamientos humanos con características urbanas tiene una amplia cobertura en los servicios de agua potable, alcantarillado y en estos últimos años se ha ampliado el servicio de tratamiento de aguas servidas, todo lo cual ha beneficiado a la mayoría de la población. En la actualidad, la población del sector urbano como rural tiene acceso al agua potable, que se entrega a través de empresas concesionadas que sirven de preferencia a la población urbana y por programas de gobierno encargados de la construcción de servicios de agua potable rural. Así, cerca del 99 % de los asentamientos de población agrupada en unas 80 personas dispone de algún sistema de agua potable. Se estima que 1,7 millones de personas en el medio rural disponen del servicio. Aquellos que están radicados en asentamientos más dispersos carecen del servicio. A pesar de estos esfuerzos por ampliar la cobertura, aún unas 500.000 personas no tienen acceso al agua potable.

8.2.1.6 a Cobertura de agua potable en las Regiones

En el año 1992 la cobertura, en cada una de las regiones, fue en casi todas ellas superior al 95 %, con la excepción de las regiones de Biobío y Lagos con el 94,9 %. Al año 2000 todas las regiones muestran un cubrimiento superior 99% y dos de ellas, Magallanes y de Los Lagos alcanzaron el 100 %. Al año 2018 un total de 8 regiones tienen una cobertura de 100% y el resto muy cercana a esa cifra. Por lo tanto, podemos deducir que a nivel de asentamiento urbano el servicio de agua potable cubre a toda la población.

Las fuentes de agua para su potabilización provienen de cursos de agua superficiales y de aguas subterráneas. Debido a los procesos de cambio climático, al bajar el cauce de los cursos agua superficial por disminución de las lluvias y nieve en la montaña y a un profundizamiento y disminución de la napa de agua subterránea, se han comenzado a sentir los efectos de falta del recurso para abastecer a la población con agua de calidad y de acuerdo a la demanda.

8.2.1.6 b Cobertura del servicio de alcantarillado en las Regiones

En este aspecto de saneamiento sanitario, el país, como un todo, aún no ha alcanzado a disponer una cobertura del 100 %. Se ha avanzado en estos últimos años y las cifras dan cuenta de este avance. En 1992 la cobertura para todo el país alcanzó al 84,7 %. En el año 2000 ésta se elevó a 93,1 % y al 2018 alcanza al 99,9 %. De todas las regiones sigue siendo O'Higgins la que continúa teniendo un déficit y no alcanza al 90%, como se puede observar en el siguiente cuadro.

Cuadro 8.18

Alcantarillado. Población atendida		1992	2000		2018	
	Pob. Atendida	%	Pob. Atendida	%	Pob. Atendida	%
Arica Parinacota					199.348	99,7%
I Tarapacá	324.323	95,6	390.815	97,2%	296.028	98,2%
II Antofagasta	287.547	77,8	417.845	97,1%	539.092	99,8%
III Atacama	152.122	78,8	216.065	91,7%	227.444	96,8%
IV Coquimbo	283.825	78,8	453.277	92,2%	546.347	97,4%
V Valparaíso	996.665	81,8	1.234.021	89,0%	1.395.059	93,4%
VI O'Higgins	316.964	70,1	409.026	79,9%	505.138	89,4%
VII Maule	424.496	87,1	547.027	93,2%	570.330	96,9%
Nuble					260.267	96,3%
VIII Biobío	886.968	67,9	1.319.183	85,5%	1.230.802	95,6%
IX Araucanía	329.458	73,3	512.662	89,4%	519.793	96,0%
De Los Ríos					218.231	94,6%
X De Los Lagos	368.827	67,4	544.461	87,1%	503.517	96,6%
XI Aysén	35.137	61,1	60.336	89,6%	74.061	96,7%
XII Magallanes	120.776	89,3	144.885	98,9%	140.807	98,8%
Metropolitana	4.072.341	94,9	6.202.230	93,6%	6.791.097	100
TOTAL	8.599.449	84,7	12.451.833	93,1	14.017.361	99,9%
Fuente Superintendencia de Servicios Sanitarios, 1992, 2000 y 2018						0

Si bien las cifras entregan un cuadro de cobertura de servicios adecuada, aún queda un número apreciable de su población rural sin servicios de alcantarillado en el país estimada del orden de 1,4 millones de personas.

8.2.1.6 c Tratamiento de aguas servidas

En el tema de las aguas servidas, desde que el país entregó al sector privado el servicio de agua potable, éstas por condiciones de la concesión, han tenido que implementar el servicio de tratamiento de las aguas negras, lo que ha generado un mejoramiento en la sanidad de las aguas vertidas a los ríos. Al año 1992 no había en el país un sistema de tratamiento de sus aguas negras. Al año 2018 uno puede apreciar los avances alcanzados en cada una de las regiones del país, según se muestra en el siguiente cuadro.

Cuadro 8.19 Cobertura de tratamiento de aguas servidas, año 2018

Región	Población estimada dentro del TO	Inmuebles cuyas aguas servidas recolectadas reciben tratamiento	Población cuyas aguas servidas recolectadas recibe tratamiento	Cobertura tratamiento de aguas servidas dentro del TO
Arica y Parinacota	199.958	60.533	199.348	99,7%
Tarapacá	301.434	92.372	296.028	98,2%
Antofagasta	540.270	170.234	539.092	99,8%
Atacama	234.935	85.982	227.444	96,8%
Coquimbo	560.876	216.753	546.347	97,4%
Valparaíso	1.493.645	565.942	1.395.059	93,4%
Metropolitana	6.791.097	2.200.208	6.711.286	98,8%
O'Higgins	564.928	204.810	505.138	89,4%
Maule	588.344	237.870	570.330	96,9%
Ñuble	270.390	102.849	260.267	96,3%
Bío Bío	1.286.891	444.551	1.230.802	95,6%
Araucanía	541.380	198.491	519.793	96,0%
De los Ríos	230.657	74.116	218.231	94,6%
Los Lagos	521.205	177.322	503.517	96,6%
Aysén	76.573	24.897	74.061	96,7%
Magallanes	142.568	48.788	140.807	98,8%
Total país	14.345.151	4.905.718	13.937.550	99,98%

Fuente: Superintendencia de Servicios Sanitarios, 2018

8.2.1.7 La problemática de la seguridad

Existe una amplia estadística sobre seguridad ciudadana publicada anualmente por Carabineros de Chile que permite determinar una de las variables: la de detenidos que ha evolucionado con el tiempo, en el país, en sus regiones y en las diferentes categorías de asentamientos humanos. Para efectos de una comparación nacional y en sus regiones, se han seleccionado los años 1997, 2002, 2013 y 2017.

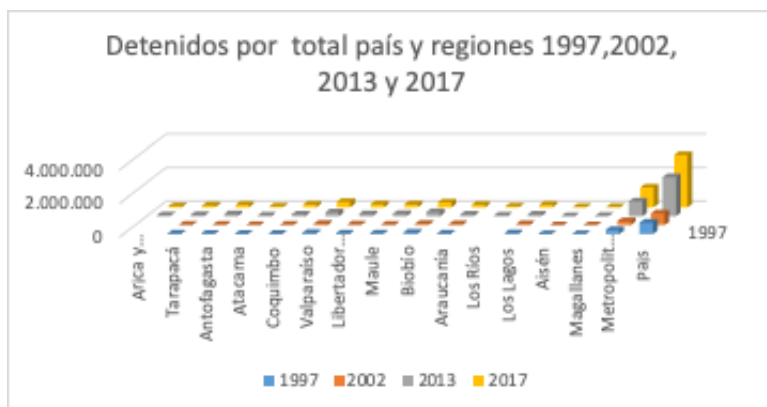
Cuadro 8.20

Detenidos por región años 1997, 2002, 2013 y 2017				
	1997	2002	2013	2017
Arica y Parinacota			56.372	68.529
Tarapacá	31.496	25.932	66.873	106.989
Antofagasta	27.154	30.854	121.385	152.404
Atacama	15.599	15.407	48.422	54.529
Coquimbo	19.500	25.241	103.886	168.525
Valparaíso	67.189	77.378	233.245	325.408
Libertador B. O'Higgins	42.583	44.709	128.589	184.407
Maule	37.970	28.769	135.632	175.920
Bíobío	87.277	82.060	249.795	296.990
Araucanía	35.911	56.761	107.990	153.768
Los Ríos			41.557	58.531
Los Lagos	56.950	63.711	108.193	145.247
Aisén	3.635	5.315	15.894	21.954
Magallanes	6.742	6.074	20.952	21.992
Metropolitana	252.731	240.919	885.275	1.178.840
Total	686.734	705.132	2.326.073	3.116.050

Fuente: Carabineros de Chile e INE, Informes anuales.

En este período de casi 20 años, el número de detenciones en el país prácticamente se ha cuadruplicado, pasando de 686.734 a 3.116.050 detenidos. Si bien las cifras muestran incrementos en todas las regiones, en algunas de ellas son más pronunciadas como ocurre con la región de Coquimbo, seguida por la de Aisén, Metropolitana y Antofagasta. Al año 2017, la tasa de casos con y sin detenidos en el país alcanzó a 1.771,6 personas por cada 10.000 habitantes. En las regiones, la tasa más alta fue para Tarapacá con 3.236,5 detenidos por 10.000 habitantes, seguida por Arica Parinacota con 3.031,3 y Antofagasta con una tasa de 2.508,6 detenidos. Las regiones con tasas más bajas son, Los Ríos con 1.592,0; Biobío con 1.457,7 casos y Magallanes con 1.278,5 casos por 10.000 habitantes. Espacialmente se observa que la mayoría de las detenciones ocurren en las regiones del norte, posiblemente asociada a contrabando y tráfico de estupefacientes. En cambio, las regiones del sur y extremo sur son las que presentan un menor número de detenciones por cada 10.000 habitantes.

Figura N° 8.13



8.3 CALIDAD AMBIENTAL E IMPACTOS AMBIENTALES

8.3.1 Calidad del aire (detalles en el capítulo de Aire)

8.3.2. La generación de residuos sólidos domiciliarios

La generación de residuos sólidos domiciliarios (RSD) medidos en kg/hab*día se tratará sólo para los asentamientos identificados en las diferentes categorías de este informe y con referencia al año 2017 o 2018, según lo disponga la información disponible. Las fuentes de información para esta sección del informe provienen del Registro de Emisiones y Transferencias de Contaminantes (RETC). Es un catálogo o base de datos que contiene información sobre las emisiones y transferencias al medio ambiente de sustancias químicas potencialmente dañinas. La otra fuente de datos proviene de la publicación de SGS/SIGA Diagnóstico de la situación por comuna y por región en materia de residuos sólidos domiciliarios y asimilables, referidos a datos de 2017, de la cual se han extraído datos sobre la producción de Kg/hab*día para un número apreciable de comunas, así como información respecto a donde se depositan estos RSD.

La información sobre residuos sólidos industriales no peligrosos y residuos sólidos industriales líquidos proviene de la base de datos de RETC.

Al momento y desde el 2014, gracias a una disposición legal, existe una base bastante completa del monto de RSD que cada una de las comunas del país genera, producto de las declaraciones de los municipios y de encuestas orientadas a cuantificar cuántos RSD genera el país en las diferentes unidades administrativas.

8.3.2.1 La generación de residuos sólidos domiciliarios y asimilables (RSDyA).

De acuerdo al estudio de SGS/SIGA, en el país existe una cobertura de servicios de aseo bastante completa a nivel de población urbana y rural que alcanza a un 96 % del total de la población registrada por el Censo del 2017 con total de 16.874.720 personas servidas. La cobertura del servicio a la población urbana alcanza al 99,2 % y a la rural al 73,4 %, como aparece en la siguiente figura.

Recuadro 8.1: CONSIDERACIONES ACERCA DEL RECICLAJE Y VALORIZACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS

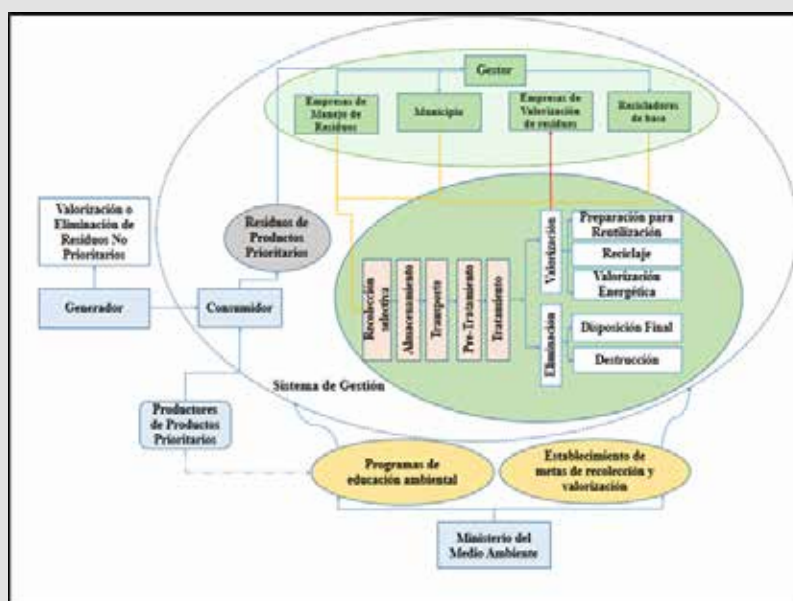
El tema de la valorización de los residuos sólidos requiere ser analizado en el marco de la evolución de la gestión de los residuos en el país. En este recuadro se entregan algunos pantallazos de la situación actual su historia y en particular a partir de una experiencia puntal de uno de los proyectos más importantes realizados en el país en esta materia.¹ Dentro de las distintas formas de gestión en la recolección de residuos para el reciclaje o valorización, se señala en la literatura que la recolección segregada (casa a casa) es la forma más eficiente de obtener productos reciclables de calidad y/a menores costos. Los envases y embalajes son los principales residuos entre los de origen domésticos, salvo los orgánicos que son los de mayor volumen (50%) y las pilas que están dentro de los más peligrosos. Ambos, son el objeto de este estudio.

El año 2016 se publicaron los resultados de la Segunda Evaluación de Desempeño Ambiental de la OCDE y de la Tercera Encuesta Nacional de Medio Ambiente realizada por el Ministerio del Medio Ambiente, donde se indicaba -por una parte- que la generación de residuos en Chile aumentó en un 30% en la década del 2000 que nuestro país no contaba con una industria del reciclaje y que el segundo problema ambiental en Chile según los ciudadanos era “la basura y la suciedad en las calles”. Por otra parte, se señalaba que las personas no reciclaban porque: no existían lugares donde reciclar (26,9%); por falta de costumbre (32,7%); por falta de información (9,6%); y por comodidad (12,4%). Los resultados del estudio en cuestión nos permiten señalar cuales son los avances 19 años después.

El reciclaje, la reutilización y valorización de la basura en general, son viejas prácticas en la gestión de residuos. En definitiva, el problema era cómo asegurar una larga vida al producto y generar menos basura, hace 50 años y quizás hace 20, esa era la cultura del consumo. Entre otras cosas, porque para el consumidor, el valor de un producto era lo suficientemente alto como para convenir alargar su vida lo más posible. Los productos y bienes de consumo, se fabricaban de manera más durable y con una menor variedad, pero más caros. Tener dos pares de zapatos, uno café y otro negro para las grandes ocasiones, era suficiente. El zapatero, el gasfiter, el electricista, el lechero, lo mismo que el afilador de cuchillos, eran indispensable en cada barrio, sus prácticas eran arreglar para la reutilización y para alargar la vida del producto y sus envases, hoy se cambian. No había malls ni grandes centros de consumo, al menos en la misma escala que hoy. Hubo un cambio importante en la oferta y demanda de los bienes de consumo. Los materiales de confección de los bienes de consumo eran más durables, ahora las materias primas sintéticas acortan la vida del producto, son más baratos y se expande la cultura del consumismo, pero valen menos sus residuos y su impacto ambiental es mayor. La población más rica, tenía cierto decoro en mostrar su opulencia en el consumo, es así como la cultura del escaparate aún no llegaba con fuerza a la población. Ciertamente es también que los bienes eran más caros, el teléfono fijo era un lujo, hoy teléfonos hay más que habitantes en el país. El objeto de la Ley N°20.920 de Fomento al Reciclaje, tal como se menciona en su artículo 1º, es “(...) disminuir la generación de residuos y fomentar su reutilización, reciclaje y otro tipo de valorización, a través de la instauración de la responsabilidad extendida del productor y otros instrumentos de gestión de residuos, con el fin de proteger la salud de las personas y el medio ambiente”. A partir de este nuevo enfoque, los residuos se consideran potenciales recursos, posibles de reintegrar al ciclo de consumo, aprovechándolos como materia prima secundaria o valorizándolos energéticamente, lo cual permite además reducir el uso de energía y agua en los procesos industriales, contribuyendo al desarrollo sustentable al posibilitar el uso racional de los recursos naturales en la actividad económica.

Hoy en día, el reciclaje según lo plantea la Ley del Reciclaje 20.920 compromete la acción de un amplio grupo de actores que van desde los productores, los consumidores, generadores, hasta los gestores. Toda esta institucionalidad que se sintetiza en la siguiente figura es responsable, a través de los sistemas de gestión que forman los productores, de la operación y financiamiento de la actividad de los gestores que son los que transportan y valorizan:

Figura de actores asociados a un sistema de gestión que incluye distintas formas de recolección



1 Proyecto de GESCAM S.A. por licitación adjudicada por la SEREMI de Medio Ambiente de la RM: “DIAGNÓSTICO GESTIÓN RECOLECCIÓN SEGREGADA DE RESIDUOS EN LA RM”. MMA SEREMI MA RM 2019

La Consultora GESCAM S.A. buscó obtener información real técnico-económica sobre la implementación de un Modelo de Gestión de Recolección “Casa a Casa” de envases y embalajes (EyE), y pilas en comunas de la RM. Es el estudio más reciente sobre la materia. Los planes pilotos se realizaron en cuatro comunas representativas de la Región Metropolitana: María Pinto, Vitacura, Macul e Independencia, representativos de distintos sectores socio económicos habitacionales urbanos y rurales: rural, ABC1, edificios departamentos del sector C3, y casas del sector C3, respectivamente. Se trabajó con 250 habitaciones (casas o departamentos) por comuna en los pilotos respectivos, representando un total de casi 4.000 personas² que representan a toda la población de la RM. El punto de partida es que a sabiendas de que la recolección segregada es más eficiente que los puntos limpios y verdes, se requería tener un resultado empírico para evaluar su implementación.

Se pudo proyectar que la Producción Per Cápita (PPC) de EyE es de 0,3 kg-día/hab para el año 2019, sin embargo, esta cifra contempla todos los residuos asociados a esta categoría y no sólo los valorizables, se lograron recuperar 94.685 kilos de residuos de EyE valorizables que posterior a su reciclaje, permitieron su reintegración a la cadena productiva como materia prima secundaria; y 208 kilos de pilas, ambos por año, evitando su depósito incorrecto en relleno sanitario. De estas cifras, un 86% de los EyE recuperados, bajo la dirección de GESCAM correspondió a la gestión de la empresa VEOLIA (80.961 kilos), mientras el 14% restante a los Recicladores de Base (13.724 kilos). Esta diferencia entre ambos modelos se debe principalmente a que el modelo privado atendió en exclusiva el piloto de Vitacura,³ representando un total de 60.694 kilos de EyE respecto del total recuperado. En relación a las pilas, un 49,5% fueron recuperadas por VEOLIA y un 50,5% por los RdeB⁴, permitiendo su depósito en relleno de seguridad.

A partir del total de residuos recolectados, se determinó la composición en peso promedio de los residuos de EyE valorizables en la basura domiciliar, correspondiendo un 44% a vidrio, 20% cartón, 20% papeles, 7% PET, 3% hojalata, 3% cartón para bebidas, 2% a envases rígidos de polietileno, 1% a latas de aluminio y 0,4% a bolsas plásticas.

La evaluación en general del proyecto fue muy positiva, pues un promedio, un 79,7% de las personas calificó el proyecto con nota entre 6 y 7.

Otro importante resultado obtenido a partir de este estudio fue constatar el interés de la comunidad por participar de este tipo de iniciativas. En los Pilotos atendidos por el modelo de gestión privado, Vitacura alcanzó un promedio de 61% de participación semanal, mientras que en Independencia y María Pinto la participación semanal llegó al 43% y 39%, respectivamente. En Macul, la participación se dividió en dos retiros semanales, puesto que los vecinos podían entregar sus residuos los lunes y/o jueves, alcanzando un 17% y 11% respectivamente, lo cual podría configurar un 28% semanal, si se suman ambos indicadores. Respecto a la participación alcanzada en el modelo atendido por los RdeB, destaca Independencia con un promedio semanal de 60%, seguida por María Pinto con un 20% y Macul con un 14%, durante el primer semestre.

Para contextualizar, durante el 2018 en Chile se produjeron 1,25 millones de toneladas de residuos de envases y embalajes a nivel domiciliario⁵, de estos, sólo un 12,5% se habría reciclado, lo cual es equivalente a 156.250 toneladas. Por lo tanto, para lograr las metas propuestas al 2023, se deberían realizar proyectos de RSCaC en 700.000 domicilios, lo que equivale aproximadamente a 2.500.000 personas, para que en base a una participación promedio de 40%, se logren recuperar las 65.326 toneladas de residuos de EyE adicionales.

CONCLUSIONES

Los nudos críticos son variables estructurales y se identificaron las siguientes:

- Precios poco competitivos que no permiten compensar los costos de recolección y pre-tratamiento asociados al manejo.
- Existe un monopolio u oligopolio de compradores de residuos de EyE manejando los precios.
- Poco personal calificado para clasificación manual, o en su defecto, de maquinaria automatizada para la clasificación de residuos.
- La participación de Recicladores de Base como gestores de recolección de residuos necesariamente involucra un cambio cultural hacia el trabajo en equipo bajo protocolos establecidos.
- Insuficiente disponibilidad de Instalaciones de Recepción y Centro de Acopios.

Estos factores junto al bajo precio que alcanza la venta de estos residuos en el mercado, hace posible que la recolección segregada sea 3,5 veces superior en costo a la recolección tradicional en camión compactador, o, dicho de otra forma, si estos pilotos se hubiera ejecutado con recolección tradicional habrían tenido un costo equivalente al 29% de la recolección segregada con pre-tratamiento, como se aprecia en la siguiente tabla. Según establece la Ley, esa diferencia, o la que resulte es la que tendrá que cubrir el sistema de gestión para estos residuos cuando se implemente el reciclaje.

Hernán Durán. Consultora GESCAM S.A.

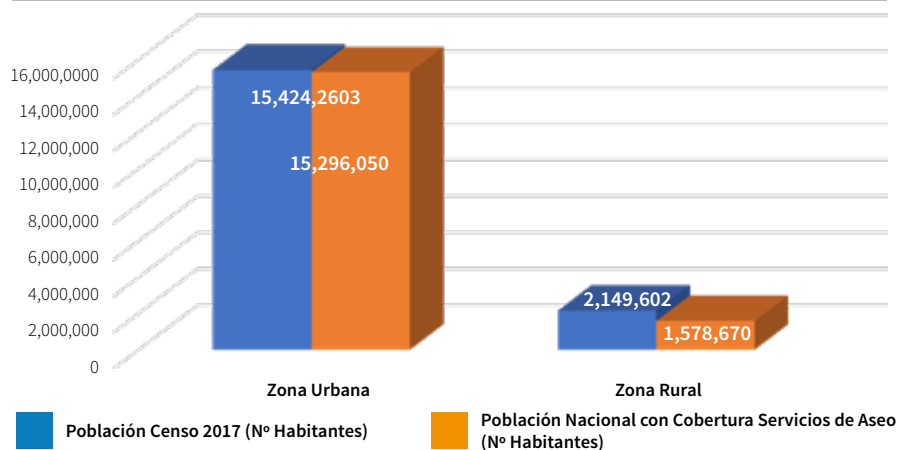
2 Hoy viven en promedio 4 personas por casa.

3 En la comuna de Vitacura no participaron los los recicladores de base.

4 (R de B) Recicladores de Base

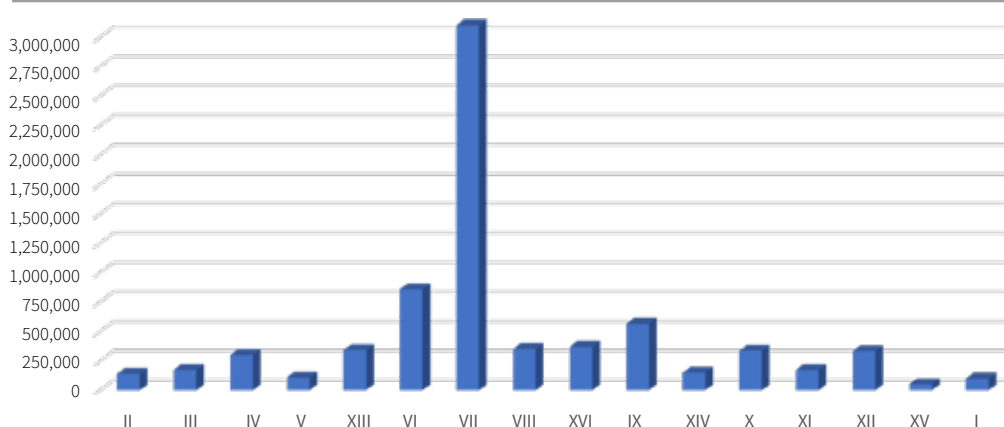
5 Ver en: <http://www.santiagorecicla.cl/comberplast/>, revisado en agosto 2019.

Figura N° 8.14 Población Nacional con Cobertura de Servicio de Aseo



El volumen de RSDyA generados al año es de consideración y tiene una relación directa con el total de población en cada una de las regiones del país. La R.M. de Santiago genera más de 3 millones de toneladas con el 41,8 % del total nacional y el porcentaje menor lo tiene la región de Aisén con el 0,7 %. Esta diferencia de región en región se aprecia en la siguiente figura.

Figura N° 8.15 Generación de RSDyA (ton/año) 2017 por Región



Tomado de SGS/SIGA Diagnóstico de la situación por comuna y por región en materia de residuos sólidos domiciliarios y asimilables

Los datos informan del promedio de generación de RSDyA diarios por persona a nivel del país, de las regiones y en cada una de las comunas. A nivel nacional, comparando datos del 2014 con el 2017, la generación de RSD se ha incrementado en un 19%. Los mayores incrementos han ocurrido en las regiones de Arica a Antofagasta, Coquimbo, en la Metropolitana y en las del Sur y extremo Sur como se aprecia en el siguiente cuadro.

Cuadro 8.21 Comparación índice de PPC año 2012 y año 2017

Región	PPC (kg/hab*día) 2012	PPC (kg/hab*día) 2012	PPC (kg/hab*día) 2017	Variación PPC 2012- PPC corregido 2017	Variación PPC 2012- 2017
XV Arica Parinacota	0,79	1,14	1,72	43,88	117,5
I Tarapacá	1,06	1,04	1,46	-1,53	37,5
II Antofagasta	1,04	0,99	1,37	-5,15	32,2
III Atacama	0,98	0,93	1,05	-5,25	6,8
IV Coquimbo	0,87	1,00	1,29	14,51	48,7
V Valparaíso	1,06	0,97	1,35	-8,36	27,1
XIII Metropolitana	1,10	1,15	1,22	4,78	10,5
VI O'Higgins	0,87	0,91	1,08	4,68	23,6
VII Maule	0,87	0,91	1,05	4,29	20,7
VIII Biobío	0,86	0,87	1,02	1,16	18,4
XVI Ñuble	0,00	0,89	1,00	s/i	s/i
IX Araucanía	0,92	0,94	1,19	2,12	29,5
XIV Los Ríos	0,99	0,90	1,32	-8,62	32,9
X Los Lagos	1,20	0,93	1,25	-22,33	4,1
XI Aysén	1,20	0,94	1,49	-21,44	23,9
XII Magallanes	1,38	1,04	1,68	-24,59	21,5
PAÍS	1,02	1,02	1,22	0,19	19,2

Tomado de SGS/SIGA Diagnóstico de la situación por comuna y por región en materia de residuos sólidos domiciliarios y asimilables.

En el país, las instalaciones para los RSDyA son de dos tipos: instalaciones para disposición final; y, para la valorización de los RSD. Las primeras son las más utilizadas en el país con el 96,49 %. Sólo un 1,71 % utiliza reciclaje y un 1,76 % otras alternativas de valorización.

Los sitios de disposición de RSDyA más utilizados en el país son: Basural, Vertedero y Relleno Sanitario.¹¹

8.3.2.2 Áreas verdes y parques urbanos

8.3.2.3 a Áreas verdes

De acuerdo con la Organización Mundial de la Salud (OMS) una cifra recomendable de área verde por habitante es de 9 m²/hab. Esta cifra es muy errática a lo largo de la geografía chilena, que transcurre desde un desierto absoluto en el norte a regiones donde la disponibilidad de lluvias permite mantener áreas verdes sin demasiada intervención del hombre. La existencia de áreas verdes en el ambiente urbano está asociado a ventajas para que la población tenga un mejor aire, un lugar de recreación física y visual y un contacto con lo natural, en medio de la jungla de cemento y asfalto de las ciudades.

Este tema es y ha sido una preocupación permanente de las autoridades comunales y regionales. La RM de Santiago, donde se concentra cerca del 42 % de la población del país, en el año 2014 presentó la Política Regional de áreas Verdes¹² con un completo diagnóstico y una visión de desarrollo de las áreas verdes en el ámbito urbano y su entorno rural.

A nivel de municipio, la preocupación por mantener y extender las áreas verdes ha sido continua, en la medida que la población aprecia y demanda de las autoridades preocupación por disponer cada vez más de áreas verdes.

11 "El Basural es un lugar en el que se disponen residuos, ya sea en forma espontánea o programada, sin ningún tipo de control sanitario ni protección ambiental. Un Vertedero es un lugar de disposición final de residuos que fue planificado para ese uso, pero que no cuenta con las medidas sanitarias mínimas establecidas en el Decreto Supremo N° 189 de 2008 del MINSAL, por esta razón, en general, es foco de problemas ambientales.

Un Relleno Sanitario, es una instalación de eliminación de residuos sólidos en la cual se disponen residuos sólidos domiciliarios y asimilables, diseñada, construida y operada para minimizar molestias y riesgos para la salud y la seguridad de la población y daños para el medio ambiente, en la cual los residuos son compactados en capas al mínimo volumen practicable y son cubiertas diariamente, cumpliendo con las disposiciones del DS N° 189 de 2008"Fuente SGS/SIGA

12 GORE R.M de Santiago Política Regional de áreas Verdes (2014), Santiago, Chile

El sector privado empresarial también ha manifestado su preocupación por este problema. La Cámara Chilena de la Construcción (CChC) en su informe "Infraestructura Crítica para el Desarrollo 2018-2025"¹³ determinó que el espacio público entendido como plazas y parques, canchas, estadios, y cultura como museos, públicos y privados existente en el país para esos propósitos, alcanza a un total promedio de 4, 2 m²/hab, de los cuales una porción pequeña corresponde a áreas verdes.

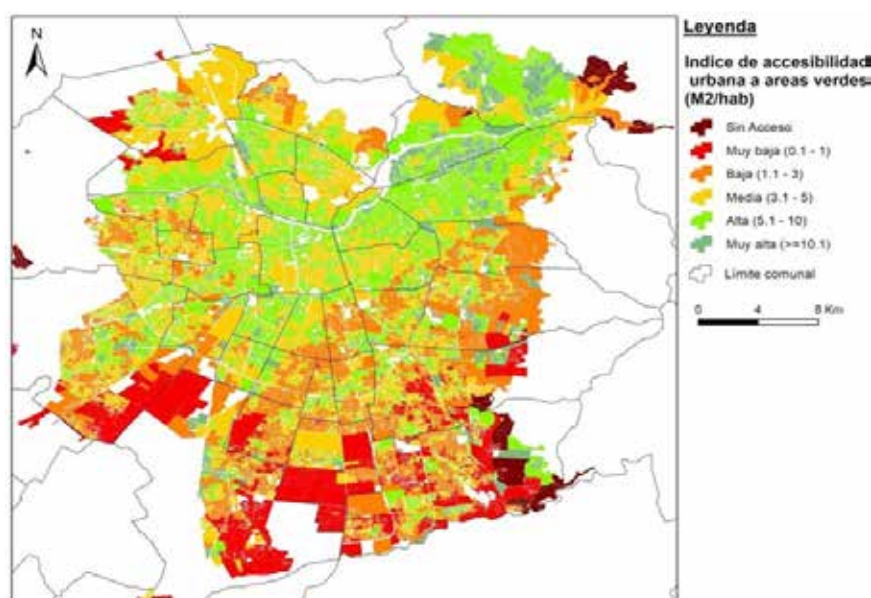
El Ministerio de Vivienda y Urbanismo realizó en el 2017 el Catastro de Parques Urbanos¹⁴ con resultados muy interesantes a nivel de cada una de las regiones del país y de algunas ciudades principales. (Ver este tema en cambio climático)

La disponibilidad de imágenes satelitales con alta resolución en bandas infrarroja, así como de fotografías aéreas de detalle, ha permitido la identificación y cuantificación de la superficie con áreas verdes al interior del casco urbano con lo cual se puede hacer una relación más realista de la superficie de área verde por habitante medida en m²/hab.¹⁵

En el Gran Santiago se han realizado levantamientos que permiten actualmente indicar, para cada comuna, la superficie de área verde por habitante¹⁶.

El estudio del Centro de Políticas Públicas, entre otros análisis, determinó la accesibilidad de la población del Área Metropolitana de Santiago a áreas verdes e identificó esta accesibilidad en el espacio territorial, como se observa en el siguiente mapa.

Figura 8.16 Accesibilidad a áreas verdes en el Gran Santiago



FUENTE: CPP

Lo anterior identificó una situación ya prevista en el estudio de Reyes y Figueroa (2009) y en el de MINVU (2017), donde las comunas del Gran Santiago con más m²/hab. son: Vitacura (18,86); Recoleta (18,43); Providencia; (15,47); La Reina (14,73); Cerrillos (13,61); Lo Barnechea (13,55); Huechuraba (11,46). En el otro extremo están las comunas de: Independencia con (1,6); La Cisterna (1,79); San Miguel (1,91); El Bosque (2,0) y Ñuñoa (2,24).

La disponibilidad de áreas verdes refleja también la gran inequidad de este beneficio a la población. Los siguientes mapas del estudio de Reyes y Figueroa (2009), muestran con claridad cómo se presenta esta situación en algunas comunas del Gran Santiago donde las áreas en color negro muestran los sectores con áreas verdes.

13 CChC. Infraestructura Crítica para el Desarrollo 2018-2025"

14 MINVU Catastro de Parque Urbanos, 2017

15 Centro de Políticas Públicas de U.C. "Desafíos en la accesibilidad de áreas verdes en la ciudad y posibles vías de solución, en el marco de la ley de aportes" Santiago, Chile, 2019,

16 Sonia Reyes P. e Isabel Figueroa A." Distribución, superficie y accesibilidad de las áreas verdes en Santiago de Chile" EURE, (2009)

Cuadro 8.24

Comunas con Indicador de 4 a 6 m ² /hab.	
Comuna	Superficie de Area Verde por Habitantes (m ² /Hab)
Cerro Navia	5,99
Padre Hurtado	5,97
Talca	5,95
Tierra Amarilla	5,75
Chillan	5,72
Romeral	5,67
Quintero	5,66
Puerto Montt	5,53
Maipu	5,50
Isla de Maipo	5,43
Los angeles	5,35
Los Andes	5,34
Pedro Aguirre Cerda	5,33
Chillan Viejo	5,31
Nacimiento	5,13
Maule	5,06
Rauco	4,97
San Antonio	4,90
Paine	4,85
Santiago	4,79
Las Condes	4,77
Curico	4,77
Calera	4,76
Peñaflor	4,75
Coquimbo	4,65
San Ramon	4,62
Copiapó	4,61
Peñalolen	4,49
Padre Las Casas	4,44
Lo Espejo	4,34
Puente Alto	4,32
Calama	4,32
Angol	4,26
San Joaquin	4,22
Hualpen	4,18
Coronel	4,15
Ovalle	4,10
Quilicura	4,01

Fuente. MINVU-INE Sistema de Indicadores
y Estándares de Desarrollo Urbano, 2018

Cuadro 8.25

Comunas con Indicador de 1 a 4 m ² /hab.	
Comuna	Superficie de Area Verde por Habitantes (m ² /Hab)
Talcahuano	3,99
Renca	3,98
Melipilla	3,87
San Esteban	3,83
Linares	3,82
Lo Prado	3,81
San Jose de Maipo	3,80
Lota	3,75
San Bernardo	3,71
Viña del Mar	3,66
La Florida	3,58
Quinta Normal	3,52
San Felipe	3,52
Estacion Central	3,50
Macul	3,49
Calera de Tango	3,45
La Pintana	3,41
Casablanca	3,27
Arica	3,26
Conchali	3,26
Chiguayante	3,04
Quillota	3,03
Alto Hospicio	2,67
Penco	2,57
Limache	2,37
Antofagasta	2,27
Constitucion	2,27
Nuñoa	2,24
Hualqui	2,22
Pirque	2,17
Tome	2,06
El Bosque	2,00
Quilpue	1,96
Cartagena	1,96
Puchuncavi	1,93
San Miguel	1,91
Iquique	1,90
Villa Alemana	1,83
La Cisterna	1,79
Independencia	1,60
Olmue	1,35
La Cruz	1,25
Valparaiso	1,06

Fuente. MINVU-INE Sistema de Indicadores
y Estándares de Desarrollo Urbano, 2018

8.3.2.3 b Parques urbanos

En cuanto a los parques urbanos, el catastro de parques urbanos del MINVU identificó un total de 1.678 parques urbanos con más de 5.000 m², que totalizan 5.389 hectáreas de superficie a nivel país. Las ciudades capitales regionales con el mayor número de parques son: Santiago Metropolitano con 709, de los cuales el 71% corresponde a parques menores (entre 0,5 y 2 ha), seguido de Concepción Metropolitano con 69 parques urbanos, lo que equivale al 77% de parques menores. El total nacional y el detalle por tramo aparecen en el siguiente cuadro.

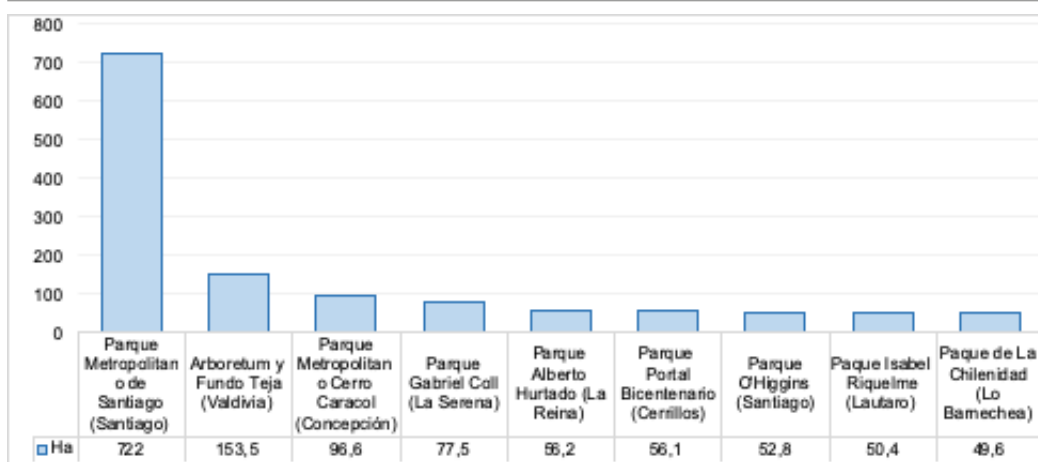
Cuadro 8.26 Número y superficie de parques urbanos por tramo de tamaño

tramo de tamaño del parque	número de parques urbanos	superficie de parques urbanos (en ha)
Parques menores	1.169	1.190
Parques intermedios	432	1.778
Parques mayores	77	2.421
Total nacional	1.678	5.389

FUENTE: Elaboración propia a partir de MINVU (2017).

Respecto de los diez parques más grandes a nivel nacional, después del Parque Metropolitano Cerro San Cristóbal, los tres parques más grandes se encuentran en la ciudad de Valdivia, con el Arboretum de isla Teja, le sigue Concepción con el Parque Metropolitano Cerro Caracol, y finalmente la Serena con el Parque Gabriel Coll.

Figura. 8.19 Los diez parques más grandes a nivel nacional (en ha)



FUENTE: Elaboración propia a partir de MINVU (2017).

La Región Metropolitana de Santiago posee la mayor superficie de parques urbanos (2.477 ha), seguida de las regiones de Valparaíso (579 ha) y Biobío (427 ha); las regiones de Arica y Parinacota (32 ha) y la de Tarapacá (46 ha) tienen la menor superficie de parques urbanos del país.

Respecto a la superficie de área verde en parques en m² por habitante, destaca la región de Los Ríos, con 10,5 m² por habitante urbano. Sin embargo, la situación del resto de las regiones del país es preocupante porque no cumplen con el mínimo de 9 m² / habitante de áreas verdes recomendada por la OMS, según lo indicado por el MMA (2012).

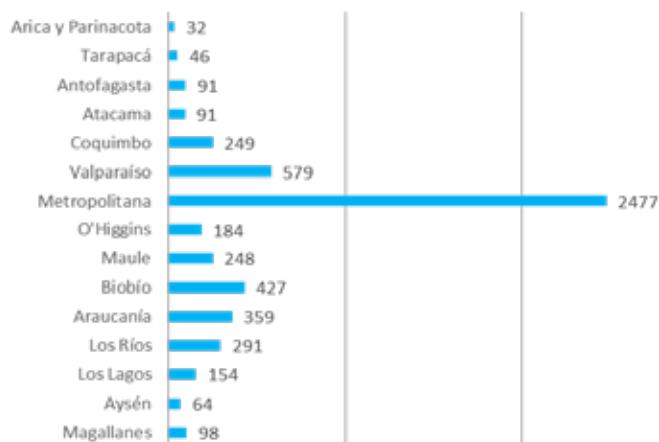


Figura 8.20 Superficie (ha) de parques urbanos por región

FUENTE: MINVU (2017).

Figura 8.21 Superficie de parque por habitante (m² / persona)

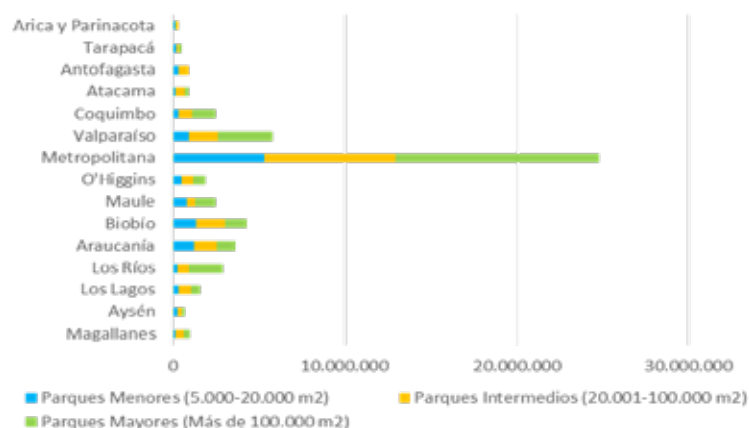
FUENTE: MINVU (2017).



Respecto de la superficie de parques urbanos por tramo de tamaño y región, es posible mencionar que trece de las quince regiones que existían al 2016 cuentan con Parques Urbanos de más de 100.000 m² (Parques Mayores), concentrándose los más grandes en las regiones Metropolitana de Santiago y Valparaíso.

Respecto de los parques intermedios (parques urbanos de entre 20.000 y 100.000 m²), es posible destacar que se encuentran en la totalidad de las regiones existentes en Chile al 2016, siendo las Regiones Metropolitana, Valparaíso y Biobío las que contienen la mayor superficie en hectáreas de Parques Intermedios. El mismo patrón se repite respecto de los parques menores (parques urbanos de entre 5.000 y 20.000 m²).

Figura 8.22 Superficie de parques urbanos por tramo de tamaño y región



Al analizar el número de parques urbanos por tramo de tamaño y región, los de más de 100.000 m² son reducidos en cantidad. La característica de parques urbanos para Chile es la presencia de parques menores, algunos parques intermedios y un reducido número de parques mayores. A pesar de que trece de las quince regiones que existían en Chile al 2016 cuentan con áreas verdes de más de 100.000 m², éstas se limitan a sólo un parque urbano.

La Región Metropolitana de Santiago es la que posee la mayor cantidad de parques menores, diferenciándose en comparación a las demás regiones. Sin embargo, posee una menor cantidad de parques intermedios y muy pocos parques mayores. Le siguen en número las regiones de Valparaíso y Biobío, las que repiten el mismo patrón.

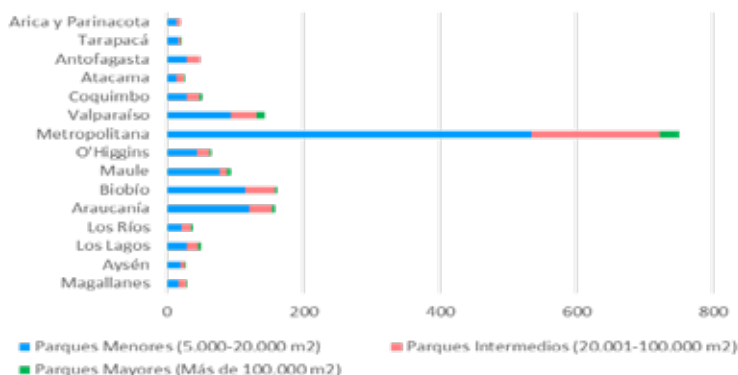


Figura No 8.23
Número de parques
urbanos por tramo de
tamaño y región

FUENTE: MINVU (2017).

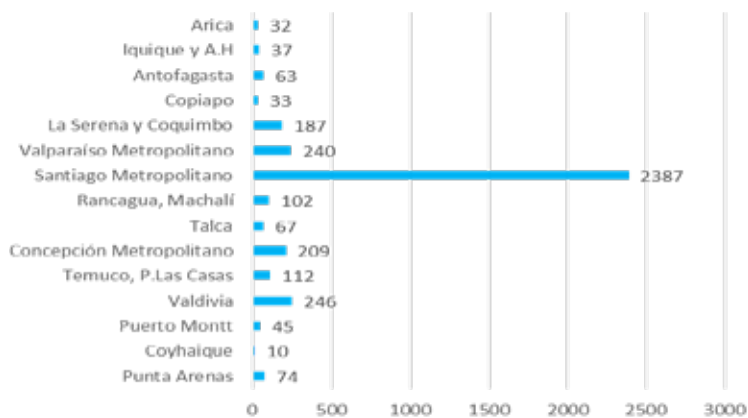


Figura. 8.24 Superficie
(ha) de parques
existentes por ciudad
capital

FUENTE: MINVU (2017).

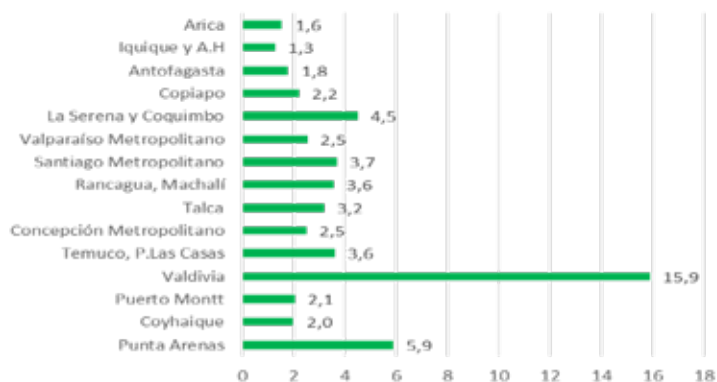


Figura. 8.25 Superficie
(ha) de parques
existentes por
habitante

FUENTE: MINVU (2017).

8.3.2.4 Impacto ambiental de la expansión de las ciudades

Las ciudades, por el crecimiento de su población y por la expansión en el territorio circundante, generan impactos de diferente naturaleza en el medio ambiente. De acuerdo con levantamientos anuales que realiza CONAF, la superficie urbanizada incluyendo territorio dedicado a actividades industriales, alcanzó en el año 2017 a 387.770 has en todo el país con una distribución por regiones según se muestra en el cuadro siguiente. El 35 % del total de la superficie ocupada por ciudades o instalaciones industriales está en la RM de Santiago, por lo tanto el Gran Santiago cubre una superficie cercana a las 83.000 has, cerca del 60 % de la superficie urbanizada e industrial de la RM de Santiago.

Cuadro 8.27

Cuadro No Superficie Urbana e Industriales en has		
REGIÓN	Áreas Urbanas e Industriales	Año de Actualización
Arica y Parinacota	10.577,4	2014
Tarapacá	1.197,9	1995
Antofagasta	3.315,3	2008**
Atacama	1.440,2	2007**
Coquimbo	39.360,9	2015
Valparaíso	58.504,8	2012
Metropolitana	134.760,5	2012
O'Higgins	33.704,1	2012
Maule	16.182,5	2008
Biobío*	41.494,0	2015
La Araucanía	15.917,7	2013
Los Ríos	6.898,9	2013
Los Lagos	16.627,0	2012
Aysén	3.119,0	2011
Magallanes y de La Antártica	4.669,4	2004-2005
TOTAL PAÍS	387.770	

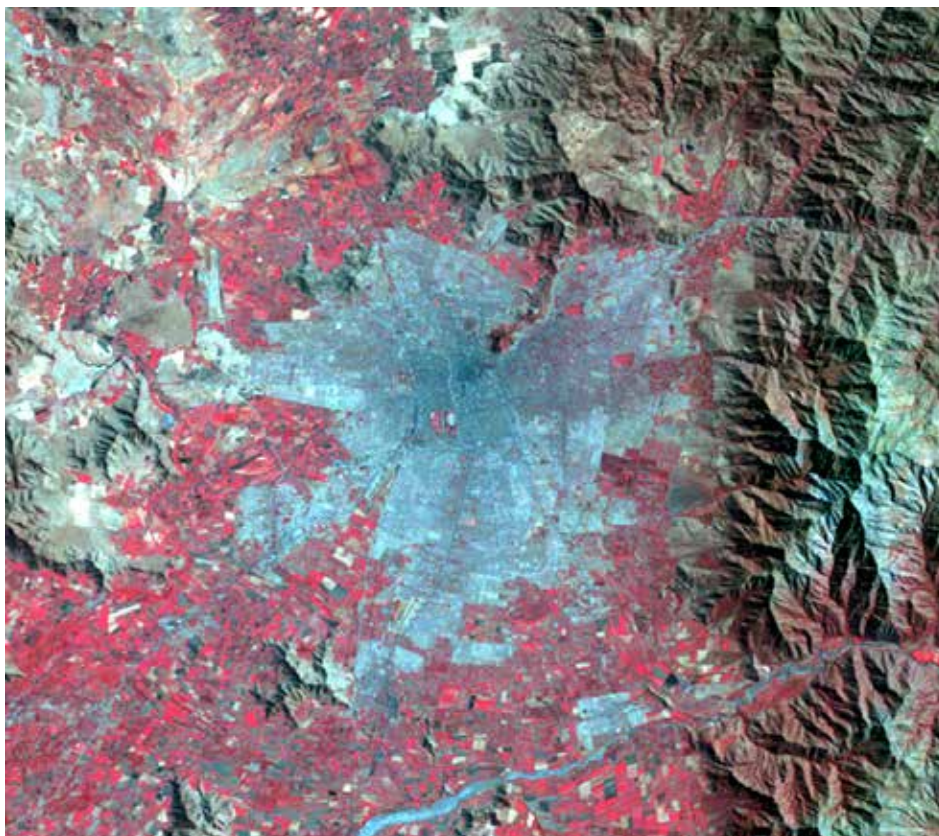
Fuente: CONAF Superficie de usos del suelo regional, 2017

8.3.2.4 a El caso del Gran Santiago y su crecimiento

Desde los inicios de la década de los años 70's se ha dispuesto de imágenes satelitales que nos permiten observar con precisión como ha crecido el Gran Santiago, ocupando poco a poco su terreno circundante, en especial tierras agropecuarias de alto potencial, generando un deterioro del medio ambiente. Las siguientes imágenes lo demuestran.

Imagen Satélite Mar. 22, 1975, Landsat 2 (path/row 250/83) — Santiago, Chile

Norte

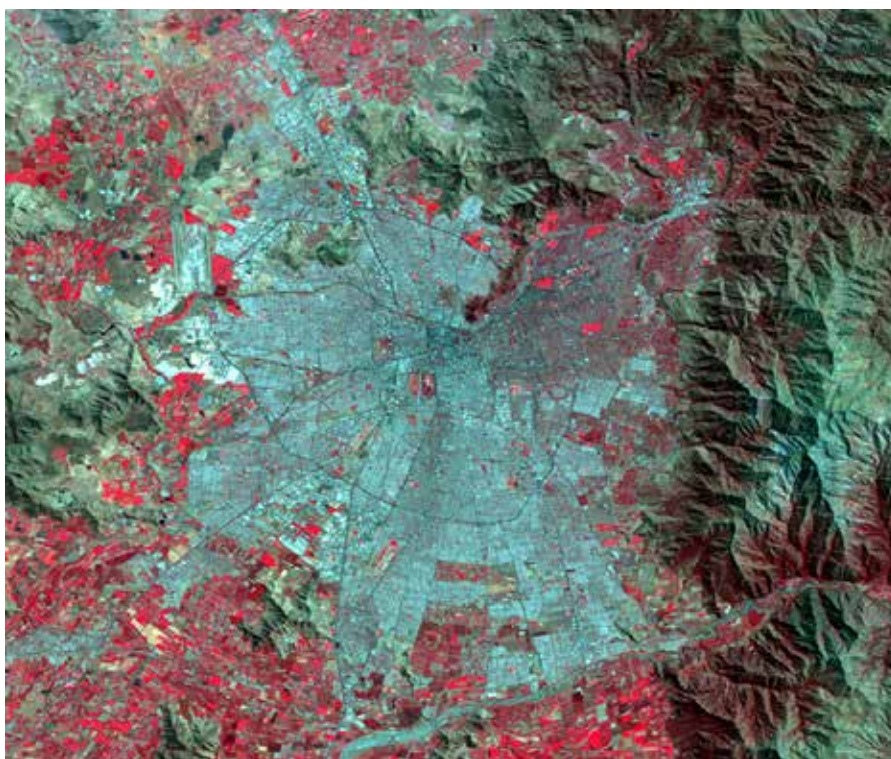


En el año 1975 cuando se tomó esta imagen, el Gran Santiago ocupaba una superficie de 36.100 has. En la imagen se observa que el aeropuerto de Pudahuel (cuadrángulo norponiente de la imagen), aún estaba inmerso en un medio rural rodeado de campos de cultivos. Por el norte la ciudad terminaba donde hoy se encuentra la autopista Vespucio Norte en Huechuraba- El Salto, al norte del cerro Renca. Por el sur, la ciudad de Puente Alto estaba totalmente aislada de Santiago separada por un área con parcelas con cultivos (cuadrángulo sur oriente). San Bernardo estaba casi unida a Santiago separada por una pequeña franja de parcelas a la altura de la base aérea del Bosque. Inmediatamente al oeste de San Bernardo terminaba la ciudad teniendo como límite la autopista norte-sur. Debido a una mayor densidad de vegetación es posible distinguir el club de Golf, el parque Metropolitano, el parque de La Reina y las parcelas de la Reina (cuadrángulo nor-oriente).

El Gran Santiago en el 2017

Esta vista del Gran Santiago a 2017 muestra como en un período de 42 años pasó a ocupar una superficie cercana a las 83.000 has, creciendo con fuerza hacia la ribera norte del río Maipo y al oeste en torno a la ruta 68 a Valparaíso y la ruta del Sol hacia la ciudad de Melipilla

Imagen satellite Mar. 6, 2017, Landsat 8 (path/row 233/83) — Santiago, Chile



8.3.2.4 b El crecimiento de otras ciudades del país

El Gran Santiago no es la única ciudad en el país que en estos últimos años ha experimentado crecimiento significativo en su superficie, fenómeno que afecta también otros aspectos del crecimiento urbano como la segregación, la contaminación del aire, la congestión y el estrés de vivir en ciudades congestionadas. Varios de estos aspectos aún no están cuantificados en su exacta dimensión. Una preocupación que ha persistido es determinar cuánto crecen las ciudades en términos de superficie.

Así, el Ministerio de Vivienda y Urbanismo (MINVU) para ciudades con más de 15.000 habitantes en el año 1992, ha efectuado mediciones de superficie con imágenes de satélites. Con esa información más la proporcionada por el INE con el Censo de Población de 2017, se ha confeccionado los dos cuadros siguientes con las superficies de cada ciudad seleccionada, desde Arica a Punta Arenas, pasando por Santiago y para cada ciudad se calculó su crecimiento en has y en porcentaje, según los años de observación.

Cuadro 8.28

Cuadro No Crecimiento Territorial de Ciudades 1992-2003-2017

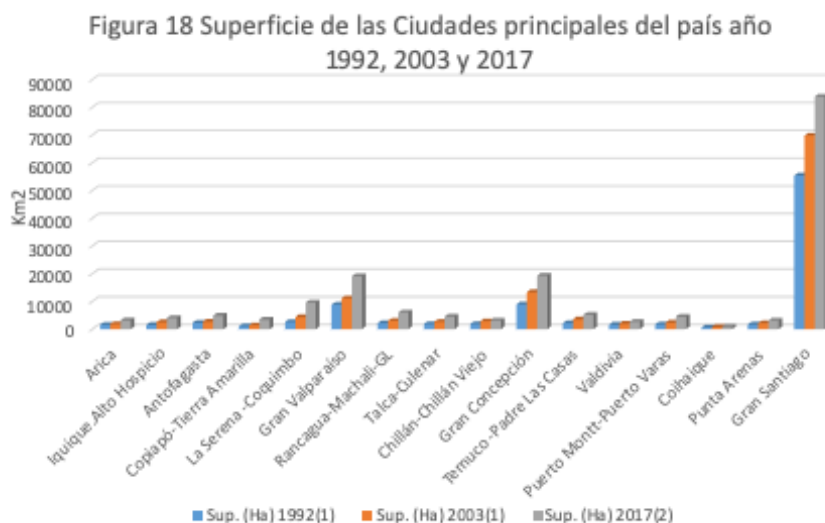
Ciudad	Sup. (Ha) 1992(1)	Sup. (Ha) 2003(1)	Sup. (Ha) 2017(2)
Arica	1580,7	1836,35	3181,2
Iquique-Alto Hospicio	1521,1	2501,4	4014,1
Antofagasta	2268,5	2686,21	4874,6
Copiapó-Tierra Amarilla	1100,7	1374,34	3457,5
La Serena -Coquimbo	2584,8	4328,63	9558,6
Gran Valparaíso	8854,8	11115,87	19071,9
Rancagua-Machali-GL	2138,8	3034,9	6012,1
Talca-Culénar	1823,6	2646,76	4525,8
Chillán-Chillán Viejo	1827,7	2854,65	3122,5
Gran Concepción	8941	13354,5	19261,5
Temuco -Padre Las Casas	2183,5	3536,92	5137,7
Valdivia	1637,6	1987,24	2679,3
Puerto Montt-Puerto Varas	1759,8	2343,88	4452,9
Coihaique	642	800,6	946,4
Punta Arenas	1704,8	2155,86	3102
Gran Santiago	55373,9	69781,74	83789,2

Fuentes (1) MINVU Medición de la superficie ocupada por las ciudades de Chile de más de 15000 habitantes 1993-2003 ;MINVU, IINE,PNUD Metodología para medir crecimiento urbano de las ciudades de Chile

Cuadro 8.29 Crecimiento de las ciudades en Ha y en porcentaje, según años

Ciudad	Incremento en has	Incremento	Incremento en has	Incremento	Incremento en has	Incremento
	1992 a 2003	en % 1992-2003	2003 a 2017	en % 2003-2017	1992-2017	en % 1992-2017
Arica	255,65	13,9	1344,9	73,2	1600,5	101,3
Iquique-Alto Hospicio	980,3	39,2	1512,7	60,5	2493	163,9
Antofagasta	417,71	15,6	2188,4	81,5	2606,1	114,9
Copiapó-Tierra Amarilla	273,64	19,9	2083,2	151,6	2356,8	214,1
La Serena -Coquimbo	1743,83	40,3	5230,0	120,8	6973,8	269,8
Gran Valparaíso	2261,07	20,3	7956,0	71,6	10217,1	115,4
Rancagua-Machali-GL	896,1	29,5	2977,2	98,1	3873,3	181,1
Talca-Culénar	823,16	31,1	1879,0	71,0	2702,2	148,2
Chillán-Chillán Viejo	1026,95	36,0	267,9	9,4	1294,8	70,8
Gran Concepción	4413,5	33,0	5907,0	44,2	10320,5	115,4
Temuco -Padre Las Casas	1353,42	38,3	1600,8	45,3	2954,2	135,3
Valdivia	349,64	17,6	692,1	34,8	1041,7	63,6
Puerto Montt-Puerto Varas	584,08	24,9	2109,0	90,0	2693,1	153,0
Coihaique	158,6	19,8	145,8	18,2	304,4	47,4
Punta Arenas	451,06	20,9	946,1	43,9	1397,2	82,0
Gran Santiago	14407,84	20,6	14007,5	20,1	28415,3	51,3

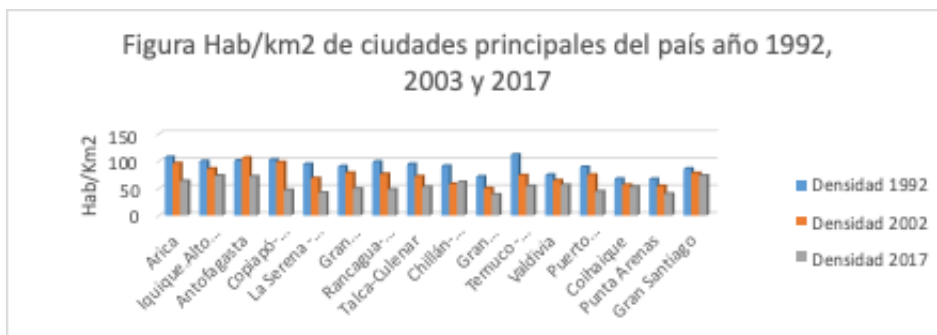
Figura. 8.26



De la lectura de ambos cuadros se observa que en 25 años, ciudades como Copiapó-Tierra Amarilla y La Serena-Coquimbo crecieron más del 200% en superficie. Con más de un 100% crecieron el resto de las ciudades, con la excepción de Chillán-Chillán Viejo, Valdivia; y, las ciudades del extremo Sur y el Gran Santiago con un crecimiento en superficie cercano al 50 %.

Al extenderse la superficie de las ciudades, la densidad por habitantes en km² tiende a disminuir, como se muestra en el figura siguiente para ciudades seleccionadas en las cuales la densidad ha disminuido.

Figura. 8.27



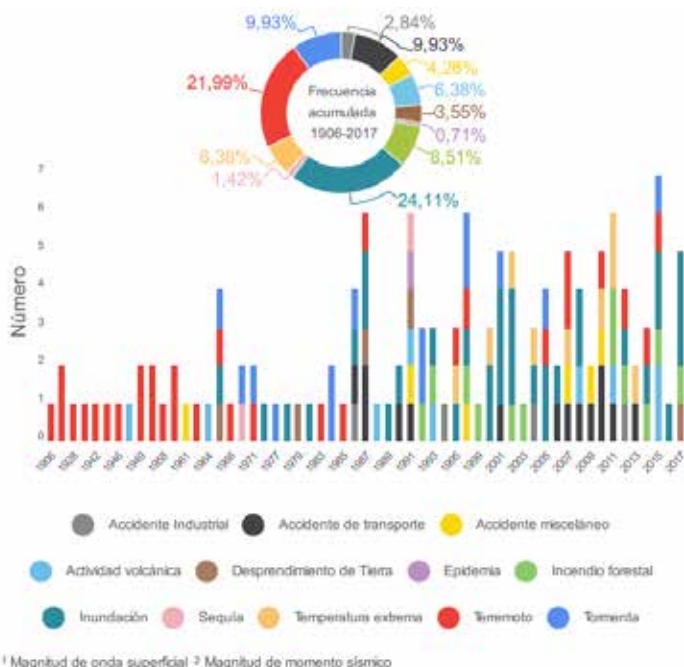
FUENTE: Juan Correa, Fundación Vivienda 2018, MINVU 2015

8.3.3 Cambio climático y desastres naturales: vulnerabilidad y riesgo

8.3.3.1 Desastres, riesgos potenciales y amenazas para los Asentamientos Humanos

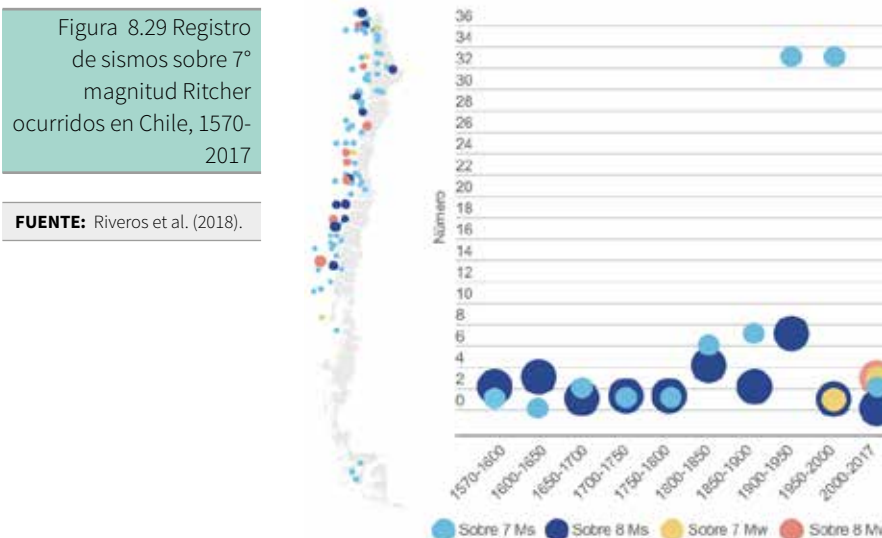
El primer evento registrado en Chile, según la base de datos internacional de desastres, corresponde al gran terremoto de Valparaíso (8,2 Ms1) en el año 1906. Los eventos y desastres registrados en nuestro país con mayor ocurrencia en el periodo 1906-2017 son las inundaciones que representan el 24% y los sismos (22%), mientras que los desastres con menos ocurrencia son las epidemias y sequías, con 1 % cada uno.

Durante el 2017 no se registraron sismos de mayor intensidad (sobre 7 Mw2), pero destacaron otros eventos, tales como inundaciones, desprendimientos de tierra e incendios en el sector centro-sur del país. En la siguiente figura se aprecia la distribución de los diferentes eventos y desastres ambientales en Chile entre 1906 y 2017.



- Sismos

Además de los sismos, producto de la subducción entre la placa oceánica de Nazca y la placa continental Sudamericana, Chile presenta una serie de fallas geológicas, actividad volcánica y efectos de geología local que han producido diversos fenómenos sísmicos a lo largo de la historia del país (UNESCO, PNUD, ONEMI Chile & CE, 2012). El sismo de mayor intensidad, del cual se tenga registro a nivel mundial, corresponde al terremoto de 1960 en la ciudad de Valdivia, con una magnitud de 9,5 grados en la escala Richter (8.5 Ms). Si bien en 2017 no se registraron sismos de mayor intensidad (sobre 7°), fue el año en donde se reportó el mayor número de sismos, con un total de 8.094 registros informados por el Centro Sismológico Nacional, de los cuales 352 fueron percibidos y 7.742 no fueron advertidos¹⁷. En la siguiente figura se aprecia sismos sobre 7° magnitud Richter ocurridos en Chile entre 1570-2017, a partir del trabajo de Riveros et al. (2018).



- Incendios forestales (ver detalle en Segunda Parte Bosques Nativos)
- Tsunamis

Esta amenaza configura el principal riesgo de desastre para las comunidades, infraestructura y ecosistemas a lo largo de la costa chilena. La probabilidad de ocurrencia de tsunamis destructivos se vincula, entre otros factores, al área de ruptura y la magnitud del sismo, la que debe ser superior a 7.5. En Chile, más de 30 sismos han superado este valor, generando condiciones favorables para la aparición de este tipo de eventos, registrándose a la fecha alrededor de 35 tsunamis originados cerca de nuestras costas.

Por la configuración geográfica de Chile, existen importantes ciudades ubicadas en zonas costeras bajo la influencia e impacto directo de tsunamis. Se encuentran expuestas infraestructuras públicas y privadas, servicios básicos y la actividad turística, industrial y comercial. Lo anterior se ha debido a la ausencia de estudios de riesgos frente a este tipo de fenómenos, y, por ende, a la falta de consideración de esta amenaza en los instrumentos de planificación territorial (UNESCO et al., 2012).

Recuadro 8.2: Megaincendios - Combate y reconstrucción: El caso de Santa Olga

Los mega incendios del centro sur de Chile en 2017 afectaron a una extensa zona de unos 500 km. de longitud del secano costero entre Pichilemu y Tirúa. Una catástrofe que demoró 23 días en extinguirse con la pérdida de 11 vidas y unas 500.000 ha de riqueza forestal. Una nueva dimensión de los incendios forestales que amenazaron muchos poblados y ciudades de las regiones de O'Higgins, Maule y Biobío.

El 26 de enero en la madrugada fue arrasada la localidad de Santa Olga, un poblado de unos 5.000 habitantes camino a Constitución en el cruce a Empedrado, construido con un enorme esfuerzo por las propias familias, que en pocas horas lo perdieron todo. Enfrentado a esta tremenda tragedia el Gobierno decidió reconstruir Santa Olga contando para ello con la firme decisión de las familias organizadas y el claro propósito de "no hacer un pueblo de emergencia" sino construir una "Nueva Santa Olga". Hubo también una importante colaboración del sector privado, que ya se había movilizó contra el fuego aportando brigadas de combate, maquinaria, medios aéreos y terrestres. Además se dispuso de una acción eficaz y coherente de las agencias gubernamentales, las Fuerzas Armadas y las Policías durante todo el esfuerzo reconstructivo.

¹⁷ Este número se puede explicar principalmente por dos factores: primero, por el aumento de cobertura instrumental (detección y localización de sismos de menor magnitud), y segundo, por las réplicas de los dos últimos terremotos registrados en 2015 en Illapel y 2016 en Chiloé.

En estos dramáticos momentos surgió un Chile solidario y dispuesto a la colaboración y al sacrificio. También un Chile abierto a una cooperación público privada que es fundamental para enfrentar los mega incendios y los posteriores desafíos de la reconstrucción, que nos sorprendieron desprevenido y con importantes problemas de gestión y escaso conocimiento sistematizado.

En esta gran tarea se invirtieron US\$ 60 millones y el aporte privado directo fue de un 35%. En solo un año se construyó una moderna red de agua potable abastecida desde el río Maule, un Liceo moderno, un parque y paseo del pueblo, sedes sociales y todos los equipamientos completos de una ciudad definitiva. Se construyeron viviendas unifamiliares de alta calidad, las calles y veredas, una moderna red eléctrica, un excelente Terminal de Buses, un Centro de Salud y muchas obras complementarias.

Todo ello fue posible mediante un acuerdo de colaboración entre los entes públicos, las empresas privadas y las organizaciones sociales de familias, que deberán obtener positivas lecciones sobre su participación en las soluciones y no sólo en la demanda y en la protesta pues se trata de tareas de Estado, donde Chile se debe movilizar prontamente con prescindencia de todo sectarismo y mirada estrecha. Así es como lograremos obtener lo mejor de nuestras instituciones. De este modo se enfrentó la Tormenta de Fuego, se inició la rehabilitación de poblaciones y localidades y se construyó la Nueva Santa Olga cuyo renacimiento ha merecido reconocimientos en Chile y en el extranjero.

Sergio Galilea

Recuadro 8.3 Tsunami del 27 de febrero del 2010

El 27 de febrero de 2010, a las 3:34:08 Am, la zona central de Chile fue sacudida por un mega terremoto de subducción que alcanzó una magnitud de momento sísmico (Mw) de 8.8. Este terremoto es el segundo más fuerte en la historia del país (después del terremoto de Valdivia de 1960) y uno de los diez más fuertes en el mundo registrados mediante instrumentos. Una de sus principales consecuencias fue la generación de un tsunami destructivo por la deformación del fondo marino. Las olas asolaron casi 600 km de la costa de Chile central y fueron la causa de un tercio de las víctimas fatales (181 sobre un total de 521), convirtiéndose en el tsunami con mayor número de muertes asociadas a este tipo de eventos en Sudamérica en los últimos 30 años.



FUENTE: Contreras & Winckler (2013).

8.3.3.2 a Riesgos potenciales de procesos naturales por asentamientos humanos

No existen estudios sobre riesgos potenciales a escala nacional de asentamientos humanos. Sin embargo, es posible rescatar algunos estudios científicos sobre estos fenómenos en algunas ciudades específicas del país. En este sentido, destaca el Primer Catastro Nacional de Desastres Naturales (SERNAGEOMIN, 2017), el estudio de Riesgos potenciales derivado de procesos naturales en los principales asentamientos de la Región Metropolitana de Santiago (Ubilla Bravo et al., 2013) Chile"; "page": "107"; "genre": "Informe de investigación"; "event-place": "Santiago, Chile"; "abstract": "El presente informe de investigación recoge el trabajo del levantamiento de las amenazas y los riesgos potenciales por amenazas naturales para los principales asentamientos humanos de la Región Metropolitana de Santiago (RMS, el estudio sobre niveles de vulnerabilidad a amenazas naturales en la ciudad de La Serena (Sarricolea Espinoza, 2004) y el Diagnóstico de amenazas naturales y exposición sistemas estratégicos de la Región de Atacama (GORE Atacama, 2014).

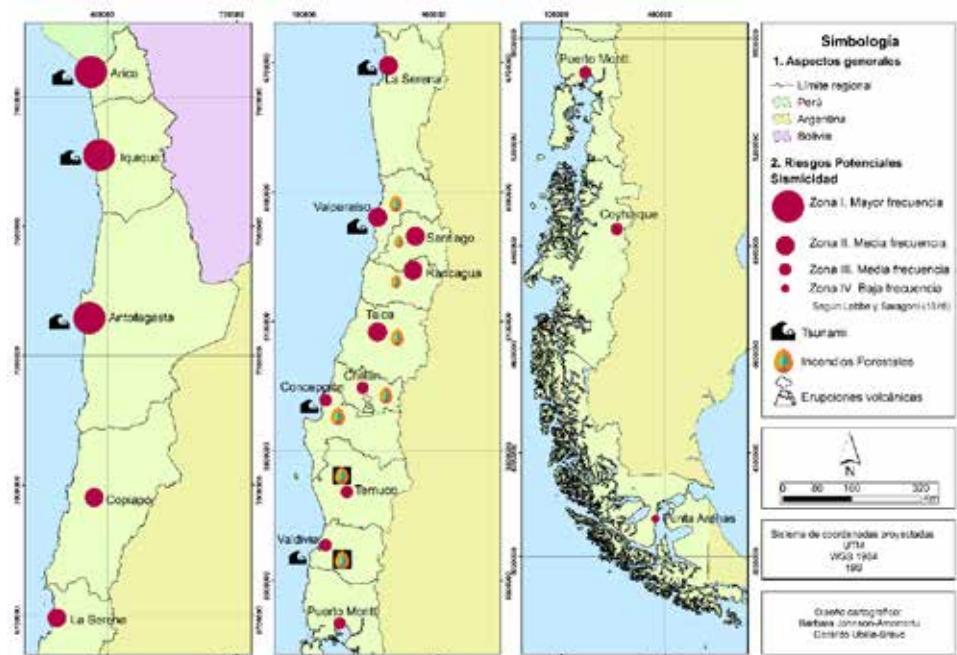
En cuanto a los riesgos potenciales en los principales asentamientos humanos (capitales regionales) de Chile, es posible mencionar que de las dieciséis capitales regionales que existen al 2019, siete cuentan con riesgo de Tsunami por ser ciudades costeras, exceptuando la ciudad de Puerto Montt, que gracias a la posición y orientación de la ciudad y ante la protección natural que conforma el Seno de Reloncaví y las islas que rodean la costa, se considera poco probable la afectación por efectos de un tsunami (Saavedra Rojas, 2007; Vilaró Caldera, 2017)¹⁸.

En cuanto a los riesgos por incendios forestales, de acuerdo a lo mencionado por Riveros et al. (2018), las ciudades que tienen mayor susceptibilidad son Valparaíso, Santiago, Rancagua, Talca, Chillán, Concepción, Temuco y Valdivia.

Respecto a erupciones volcánicas, la única capital regional que presenta un riesgo alto por volcanismo es Chillán, debido a la presencia del complejo volcánico Nevados de Chillán.

¹⁸ Inclusive en una situación extrema como fue el terremoto del 22 de mayo de 1960 y su posterior tsunami que afectó las costas de la región, en Puerto Montt no se tuvieron registros de anomalías en las mareas.

Figura 8.30 Riesgos potenciales en los principales asentamientos humanos en Chile



FUENTE: Elaboración propia. La fuente de los datos asociados a riesgo potenciales de sismicidad es Labbé & Saragoni (1976).

En relación a los riesgos potenciales en los principales asentamientos humanos de la Región Metropolitana de Santiago, en el área metropolitana, los principales riesgos corresponden a remoción en masa, aluviones y anegamientos por impermeabilización de suelo. En los otros asentamientos humanos mayores, la mayoría corresponden a riesgos por desbordes del río Mapocho y de sus afluentes, inundación por mal drenaje del suelo y superficialidad del nivel freático, desprendimiento por desestabilización de las laderas e ignición de incendios. En la siguiente tabla se muestra el resumen de los riesgos potenciales para cada uno de los asentamientos humanos en la RMS.

Cuadro 8.29 Riesgos potenciales en los principales asentamientos humanos en la Región Metropolitana de Santiago	
Asentamientos	Principales riesgos potenciales
Área Metropolitana de Santiago	Riesgo de remoción en masa en el piedmont andino Aluviones por aumento explosivo en los niveles pluviométricos de las cuencas Anegamiento por exceso de urbanización e impermeabilización del suelo
Peñaflor	Desborde del río Mapocho
Colina	Desborde del estero Colina y desprendimientos del cerro La Guaca
Melipilla	Ignición de incendios Desborde del río Mapocho
Talagante	Desborde del río Mapocho Inundación por mal drenaje y nivel freático alto
Buín	Media susceptibilidad a desborde de río Maipo
El Monte	Desborde del río Mapocho Mal drenaje Nivel freático alto
Paine	Sin riesgos potenciales en el área urbana

Cuadro 8.29 Riesgos potenciales en los principales asentamientos humanos en la Región Metropolitana de Santiago

Asentamientos	Principales riesgos potenciales
Curacaví	Susceptibilidad a deslizamientos y desprendimientos por erosión de las laderas (presencia de cárcavas) Desborde del Estero Puangue y Cuyuncaví
Isla de Maipo	Desborde Afloramiento de napas
Lampa	Desborde del estero
Batuco	Inundación por mal drenaje del suelo
La Islita	Inundación por mal drenaje del suelo Desborde del río Maipo
Hospital	Desborde del río Angostura Inundación por mal drenaje
Alto Jahuel	Ignición de incendios forestales Deslizamientos desde los cerros colindantes
.San José de Maipo	Remoción en masa del cerro Divisadero Zonas de inundación
Tiltil	procesos de remoción en masa, inundaciones por desbordes y susceptibilidad a incendios forestales
Bajos de San Agustín	Susceptibilidad a procesos de remoción en masa
Farellones	Remoción en masa sobre las redes viales conectoras
Padre Hurtado	Susceptibilidad de desborde por canales de regadío en zonas de expansión urbana
Pirque	Susceptibilidad a inundaciones
Alhué	Ignición de incendios forestales Desborde
Noviciado	Inundaciones por acumulación de aguas lluvia en suelos de mal drenaje
Polpaico	Inundaciones por desborde

FUENTE: Ubilla Bravo et al. (2013) Chile, "page": "107", "genre": "Informe de investigación", "event-place": "Santiago, Chile", "abstract": "El presente informe de investigación recoge el trabajo del levantamiento de las amenazas y los riesgos potenciales por amenazas naturales para los principales asentamientos humanos de la Región Metropolitana de Santiago (RMS).

8.4 GESTIÓN AMBIENTAL DE LOS ASENTAMIENTOS HUMANOS

La Política Nacional de Desarrollo Urbano (PNDU)

Se han cumplido 5 años de vigencia de la Política Nacional de Desarrollo Urbano elaborada por una comisión especial mandatada por el Presidente Sebastián Piñera Echenique y puesta en ejecución en el 2014.

Esta política comprende varios temas centrales: Integración social; Desarrollo Económico; Equilibrio Ambiental; Identidad y Patrimonio; e, Institucionalidad y Gobernanza.

En lo que corresponde a los asentamientos humanos, especial importancia tiene el tema de Integración Social en la cual intervienen con acciones el MINVU y el Ministerio de Desarrollo Social; y, en el ámbito del Equilibrio Ambiental, enfatiza que las áreas urbanas y los asentamientos humanos deben desarrollarse sustentablemente en equilibrio con el medio natural y reconociendo y valorando los sistemas en que se insertan.

Más adelante la PNDU explicita que “Las ciudades son importantes consumidoras de energía y de agua, así como grandes generadoras de emisiones hacia la atmósfera, hacia los cuerpos de agua y también de contaminación de suelos. Su forma de relacionarse con el medio natural y su desarrollo tienen efectos que deben ser resueltos en función del necesario progreso del país, del bien común y de los intereses de los habitantes de cada ciudad y centro poblado”.

Los objetivos de esta política en el ámbito ambiental son:

- Considerar los sistemas naturales como soporte fundamental en la planificación y diseño de las intervenciones en el territorio.
- Identificar y considerar los riesgos naturales y antrópicos.
- Gestionar eficientemente recursos naturales, energía y residuos.
- Medir y monitorear variables ambientales urbanas.
- Fomentar el uso sustentable del suelo en ciudades y áreas de expansión.

En el marco de esta política el MINVU, con el INE y el Consejo Nacional de Desarrollo Urbano, elaboraron el Sistema de Indicadores y Estándares de Desarrollo Urbano (SIEDU) para determinar atributos de calidad de vida para reducir las desigualdades urbanas y medir la efectividad de las acciones del Estado en materia de ciudad. En la primera etapa, el SIEDU opera con 25 de 79 indicadores, correspondientes a 117 comunas, las que representan a más de 14 millones de personas.

El SIEDU puede informar de los asentamientos humanos temas como integración social para lo cual estableció como estándar que una unidad vecinal integrada socialmente debía contener mínimo 20% y máximo 60% de población vulnerable, correspondiente a los dos quintiles de menores ingresos. Por debajo de este estándar o sobre dicho estándar se dan condiciones para la segregación social, ya sea por una concentración de familias de bajos como de altos ingresos, respectivamente.

El SIEDU en materia de área verde por habitante, medida en metros cuadrados, entrega información sobre la existencia de parques y áreas verdes a nivel comunal; en desastres naturales, respecto de los tsunamis, el SIEDU informa sobre la totalidad de las ciudades emplazadas en el borde costero con altos grados de vulnerabilidad y exposición al riesgo, a partir de las cartas de inundación por tsunami elaboradas por el SHOA y la población registrada por el Censo 2017 de INE. Se identificaron nueve comunas en las que más del 10% de su población está expuesta a tsunamis: Talcahuano (42,7%), Iquique (29,4%), Arica (21,8%), Penco (16,3%), Hualpén (14,6%), Cartagena (14,6%), Lota (13,3%), Constitución (11,8%) y Viña del Mar (10,5%).

Áreas Metropolitanas

En áreas Metropolitanas, la ley 21074 “Fortalecimiento de la regionalización del país”, señala la normativa relacionada con los asentamientos humanos y el territorio. Establece en su Art. 104 bis la creación y administración de las “áreas metropolitanas” al interior de las regiones. Indican que “En cada región podrán constituirse una o más áreas metropolitanas que serán administradas por el gobierno regional respectivo con el objeto de coordinar las políticas públicas en un territorio urbano. Para efectos de la presente ley, se entenderá por “área metropolitana” la extensión territorial formada por dos o más comunas de una misma región, unidas entre sí por un continuo de construcciones urbanas que comparten la utilización de diversos elementos de infraestructura y servicios urbanos y que, en su conjunto, superen los doscientos cincuenta mil habitantes”.

Por otra parte, esta ley le entrega al Gobierno Regional la función de “Elaborar y aprobar el plan regional de ordenamiento territorial en coherencia con la estrategia regional de desarrollo y la política nacional de ordenamiento territorial, previo informe favorable de los ministros que conforman la Comisión Interministerial de Ciudad, Vivienda y Territorio”.

Normativa para desechos sólidos

En materia de desechos sólidos domiciliarios y asimilables, la ley No 20920 promulgada el 17 de mayo de 2016 establece un marco legal para la gestión de residuos, la responsabilidad extendida del productor y fomento al reciclaje. Esta ley en su artículo 1° establece “La presente ley tiene por objeto disminuir la generación de residuos y fomentar su reutilización, reciclaje y otro tipo de valorización, a través de la instauración de la responsabilidad extendida del productor y otros instrumentos de gestión de residuos, con el fin de proteger la salud de las personas y el medio ambiente”.

La valorización de los residuos comprende varias actividades e instalaciones orientadas a la preparación para la Reutilización, el Reciclaje y Valorización Energética.

Normativa para el cambio climático y su vinculación con los asentamientos humanos

Las medidas sobre cambio climático de los principales planes que fueron desarrollados por ministerios del Estado de Chile y un caso regional. Aquí se destaca sólo aquellas líneas de acción y medidas que tienen directa relación con los asentamientos humanos, eliminándose las de otros sectores o enfoques. Los instrumentos que se consideran y se describen a continuación son: (i) el Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático (MMA Chile, 2015), (ii) el Plan de Acción Nacional de Cambio Climático (MMA Chile, 2017), (iii) el Plan

de Adaptación y Mitigación de los Servicios de Infraestructura al Cambio Climático 2017-2022 (MOP Chile & MMA Chile, 2017), (iv) Plan de Adaptación al Cambio Climático para Ciudades 2018-2022 (MMA Chile & MINVU Chile, 2018) y (v) la Propuesta Plan de Adaptación al Cambio Climático para la Región Metropolitana de Santiago o Plan CAS (GORE RMS & MMA Chile, 2012)

A nivel nacional existen una serie de instrumentos indicativos aplicable a las ciudades. Uno de los más importantes es la Política Nacional para la Gestión de Riesgos de Desastres (ONEMI Chile, 2016b) "publisher": "Unidad de Gestión del Sistema Nacional de Protección Civil - División de Protección Civil ONEMI", "publisher-place": "Santiago, Chile", "number-of-pages": "63", "event-place": "Santiago, Chile", "URL": "http://repositoriodigitalonemi.cl/web/bitstream/handle/2012/1710/POLITICA_NAC_2016_ESP.pdf?sequence=6", "language": "Español", "author": "[[{"literal": "ONEMICHile"}]]", "issued": {"date-parts": [[{"2016", "7"}]]}, "accessed": {"date-parts": [[{"2017", "11", "6"}]]}, "schema": "https://github.com/citation-style-language/schema/raw/master/csl-citation.json"} y el Plan Estratégico Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres 2015-2018 (ONEMI Chile, 2016a). El desarrollo de la política y el plan se basaron en la ratificación nacional a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (NU, 1992) en 1994 y al Protocolo de Kyoto (NU, 1998) en 2002, con lo cual Chile se compromete ante la comunidad internacional a enfrentar este desafío de alcance global. Otro instrumento es el Plan de Acción Nacional de Cambio Climático (MMA Chile, 2017) cuyo periodo de vigencia comprende el periodo 2017-2022, y tiene como misión: "Fortalecer la capacidad de Chile para adaptarse al cambio climático profundizando los conocimientos de sus impactos y de la vulnerabilidad del país y generando acciones planificadas que permitan minimizar los efectos negativos y aprovechar los efectos positivos, para su desarrollo económico y social y asegurando su sustentabilidad" (MMA Chile, 2017, p. 35).

Programa de arborización "Un Chileno, Un Árbol"

"Un Chileno, Un Árbol" es un programa de reforestación urbana ejecutado por la Corporación Nacional Forestal (CONAF) desde el año 2010 con cubrimiento de Arica a Punta Arenas y establece una meta de 5 a 6 millones de árboles plantados.

Normativa para la valorización de los residuos sólidos

La ley No 20920 promulgada el 17 de mayo de 2016 establece un marco legal para la gestión de residuos, la responsabilidad extendida del productor y fomento al reciclaje. Esta ley en su artículo 1º establece "La presente ley tiene por objeto disminuir la generación de residuos y fomentar su reutilización, reciclaje y otro tipo de valorización, a través de la instauración de la responsabilidad extendida del productor y otros instrumentos de gestión de residuos, con el fin de proteger la salud de las personas y el medio ambiente".

La valorización de los residuos comprende varias actividades e instalaciones orientadas a la preparación para la Reutilización, el Reciclaje y Valorización Energética.

En el país el porcentaje de valorización de los residuos es muy incipiente. Con la ley, a la cual se hace referencia, se espera se incremente. En la actualidad, la región Metropolitana es la que más valoriza los residuos, donde el 81,3 % los elimina y el 18,7 % los valoriza. Respecto a los residuos municipales, del total de residuos no peligrosos, las municipalidades reportaron en SINADER que el 98,5% de sus residuos son eliminados y sólo el 1,5% es valorizado.

La siguiente figura muestra la proporción de residuos sólidos no peligrosos eliminados y valorizados.

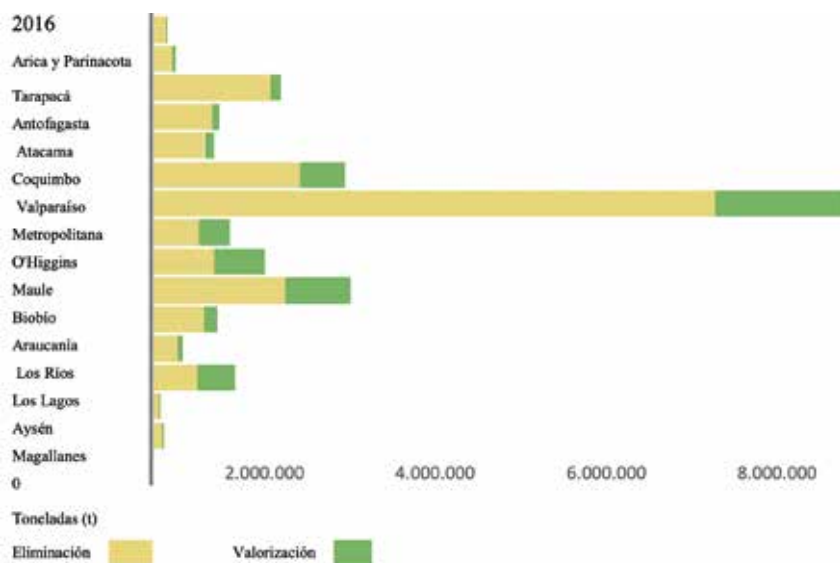


Figura 8.31 Eliminación y valorización de residuos no peligrosos generados por región, 2016

FUENTE: SENADER, Tomado de MMA Cuarto Informe del estado del Medio Ambiente

Al año 2016, según datos de RETC, las empresas dedicadas a las actividades de reciclaje en el país están localizadas en un 49,3 % en la Región Metropolitana, seguida por Los Lagos, Biobío, Antofagasta, Maule y O´Higgins. No hay empresas de reciclado en las regiones de Arica Parinacota, Aisén y Ñuble. La siguiente figura muestra la situación en las regiones del país

Cuadro 8.30 Cantidad de Destinatarios por Región que Declaran Actividades de Reciclaje en RETC

Región	N° de Instalaciones que declaran actividades de Reciclaje	%
Arica y Parinacota	0	0
Tarapacá	2	2,47
Antofagasta	6	6,17
Atacama	2	2,47
Coquimbo	1	1,23
Valparaíso	3	3,70
RM	40	49,38
Libertador Bernardo O'Higgins	4	4,94
Maule	4	4,94
Biobío	6	7,41
Ñuble	0	0
Araucanía	2	2,47
Los Ríos	2	2,47
Los Lagos	9	11,11
Aysén del General Carlos Ibáñez del Campo	0	0
Magallanes y la Antártica Chilena	1	1,23
TOTAL	81	100

FUENTE. Copiado de la publicación SGS/SIGA Informe 1° Diagnóstico de la situación por comuna y por región en materia de RSD y Asimilables" 2018

Las actividades de revalorización de residuos no peligrosos realizadas en la Región Metropolitana de Santiago, en su mayor parte se efectúan en las comunas del Gran Santiago, casi todas ellas en la periferia de la ciudad con excepción de las comunas de Santiago, Estación Central, Quinta Normal y Renca. En las comunas del oriente de la ciudad no se genera valorización de residuos, salvo algunas actividades declaradas en Peñalolén y La Reina. Al exterior del Gran Santiago, las actividades de valorización de residuos se realizan en comunas de Tiltil, Isla de Maipo, Melipilla y Paine.

La valorización de los residuos en la región de Los Lagos se concentra en las comunas de Calbuco, Castro, Puerto Montt y San Pablo. En la región Biobío, en las comunas de Bulnes, Coronel, Los Ángeles, Talcahuano y en Concepción. En Los Ríos, especialmente en la comuna de Paillaco; y, en la región del Maule, en las comunas de Mostazal, Peralillo y Peumo.

BIBLIOGRAFÍA

- Asociación de Investigadores de Mercados (AIM) "Nuevos Grupos Socioeconómicos" 2018
- Cámara de diputados de Chile. (2012). La desertificación en Chile (p. 19). Recuperado de Cámara de diputados de Chile website: <https://www.camara.cl/camara/media/seminarios/desertificacion.pdf>
- CChC. Infraestructura Crítica para el Desarrollo 2018-2025"
- CONAF Chile. (s. f.). Programa de Arborescencia. Recuperado 22 de julio de 2019, de <http://www.conaf.cl/nuestros-bosques/arborizacion/>
- Contreras, M. & Winckler, P. (2013). Pérdidas de vidas, viviendas, infraestructura y embarcaciones por el tsunami del 27 de febrero de 2010 en la costa central de Chile. Obras y proyectos, (14), 6-19. <https://doi.org/10.4067/S0718-28132013000200001>
- Correa, Juan "Fundación Vivienda 2018", MINVU 2015
- INE "Ciudades, Pueblos, Aldeas y Caseríos" 1992 2005
- El Mercurio, Revista Campo .Jue 04/07/2019
- INE Censos de Población y Vivienda 1992, 2002 y 2017
- INE-DEM," Estimación de Personas Extranjeras Residentes en Chile, 31 de Diciembre 2018" Febrero de 2019
- Labbé, J. C. & Saragoni, R. (1976). Sismicidad en Chile (Nº 124). Santiago, Chile: Sección Ingeniería Estructural. Departamento Ingeniería Civil. Universidad de Chile.
- Massey, D; Denton, N. (1988) The dimensions of 281-315 residential segregation. En: Social Forces, 67 (2), p. Citado por Alejandra Rasse Segregación residencial socioeconómica y desigualdad en las ciudades chilenas Serie Documentos de Trabajo PNUD – Desigualdad No. 2016/04 Agosto 2016
- Ministerio de Salud , Datos al 31.12.2017 Citado por El Libero 16 de julio 2018
- MINVU Sistema de Indicadores y Estándares de Desarrollo Urbano, 2018
- MMA. (2012). Capítulo 6. Disponibilidad de Áreas Verdes. En Informe del Estado del Medio Ambiente 2011 (pp. 221-244). Santiago, Chile.
- MMA Chile. (2015). Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático (M. Jadrijevic, G. Santis, K-P. Muck, & F. Farías, Eds.). Recuperado de <https://mma.gob.cl/wp-content/uploads/2016/02/Plan-Nacional-Adaptacion-Cambio-Climatico-version-final.pdf>
- MMA Chile. (2017). Plan de Acción Nacional de Cambio Climático 2017-2022. Recuperado de https://mma.gob.cl/wp-content/uploads/2017/07/plan_nacional_climatico_2017_2.pdf
- MMA Chile & MINVU Chile. (2018). Plan de Adaptación al Cambio Climático para Ciudades 2018-2022. Recuperado de https://mma.gob.cl/wp-content/uploads/2018/06/Plan-CC-para-Ciudades_aprobado-CMS-ene2018-1.pdf
- MOP Chile & MMA Chile. (2017). Plan de Adaptación y Mitigación de los Servicios de Infraestructura al Cambio Climático 2017-2022. Recuperado de <https://mma.gob.cl/cambio-climatico/plan-de-adaptacion-al-cambio-climatico-para-la-infraestructura/>
- <https://www.mtt.gob.cl/archivos/21490>
- NU. (1992). Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. Recuperado de <https://www.acnur.org/fileadmin/Documentos/BDL/2009/6907.pdf>
- NU. (1998). Protocolo de Kyoto de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. Recuperado de <https://unfccc.int/resource/docs/convkp/kpspan.pdf>
- ONEMI Chile. (2016a). Plan Estratégico Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres 2015-2018. Recuperado de https://siac.onemi.gob.cl/documentos/PLAN ESTRATEGICO_BAJA.pdf
- ONEMI Chile. (2016b). Política Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres 2015-2018. Recuperado de http://repositoriodigitalonemi.cl/web/bitstream/handle/2012/1710/POLITICA_NAC_2016_ESP.pdf?sequence=6
- Proyecto SOC-24 Anillos de Investigación en Ciencias Sociales: Barrios en crisis y barrios exitosos producidos por la política de vivienda social.
- GORE R.M de Santiago Política Regional de áreas Verdes (2014), Santiago, Chile
- Raposo A "Estado, ethos social y política de vivienda. Arquitectura habitacional pública e ideológica en el Chile republicano del siglo XX (2000), Santiago de Chile, Universidad Central.
- GORE Atacama. (2014). Diagnóstico. Amenazas naturales y exposición sistemas estratégicos. Informe final (p. 225). Recuperado de Gobierno Regional Región de Atacama website: https://goreatacama.gob.cl/wp-content/uploads/2019_03_28_5_Sistema_Riesgos_Naturales.pdf
- Rasse, Alejandra Segregación residencial socioeconómica y desigualdad en las ciudades chilenas Serie Documentos de Trabajo PNUD – Desigualdad No. 2016/04 Agosto 2016
- Sabatini, F; Cáceres, G. y Cerda, J. (2001) Segregación residencial en las principales ciudades chilenas: Tendencias de las tres últimas décadas y posibles cursos de acción. En: Revista Latinoamericana de Estudios Urbano Regionales, 27 (82), p. 21-42.
- SERNAGEOMIN. (2017). Principales desastres ocurridos desde 1980 en Chile (p. 45). Recuperado de <http://sitiohistorico.sernageomin.cl/pdf/presentaciones-geo/Primer-Catastro-Nacional-Desastres-Naturales.pdf>
- Ubilla Bravo, G., Robles Vargas, R., González, D., Saud, V., Norambuena Vega, P., Sandoval Verdugo, G., ... Torres, M. (2013). Riesgo potencial por amenazas derivadas de procesos naturales, en los principales Asentamientos Humanos de la Región Metropolitana de Santiago (p. 107) [Informe de investigación]. <https://doi.org/10.5281/zenodo.894504>

ANEXO

Cuadro Anexo N° 1. Ciudades y su crecimiento

Región		Población	Tcp		
Censo 2017	Ciudad	Censo 2017	Intercensal 2002-17		
XIII	Colina	88858	94,1		
X	Alerce	42267	86,5	Crecimiento exponencial	
XIII	Chicureo	10975	53,7		
IX	Labranza	24008	22,7		
V	Placilla de Pañuelas	39344	17,6		
XIII	Lampa	37599	13,7	Crecimiento explosivo	
IX	Cajón	5673	12,3		
II	San Pedro de Atacama	5347	11,7		
V	Hanga Roa	7163	7,8		
I	Alto Hospicio	105065	7,3		
VI	Machalí	48667	6,9		
XIII	Santiago	402847	6,7		
V	Las Cruces	5490	6,5		
V	Calle Larga	9653	6,3	Crecimiento alto	
VII	Colbún	6928	5,9		
V	La Cruz	19408	5,5		
V	El Tabo	6982	5,5		
VII	Maule	7039	5,2		
VII	Rauco	5520	5,2		
VII	Romeral	6480	5,1		

Cuadro Anexo N° 2. Crecimiento Medio a alto

Región	Ciudad	Población	Tcp
Censo 2017		Censo 2017	Intercensal 2002-17
XIII	La Islita	11431	4,9
V	El Quisco	14769	4,4
XIII	Quilicura	209676	4,4
VII	Retiro	5498	4,3
VIII	San Pedro de la Paz	131521	4,3
II	Mejillones	12748	4,2
XIII	Buín	65607	4,2
XIII	Padre Hurtado	55561	4,1
XIII	Paine	31317	4,0
VI	Punitaqui	5700	3,8
V	Algarrobo	9062	3,7
VI	Los Lirios	4569	3,7
VI	Coltauco	5461	3,6
VII	San Clemente	20350	3,5
XIII	Independencia	100059	3,5
VII	Villa Alegre	8159	3,3
V	Puchuncaví	5271	3,2

crecimiento medio a alto

V	La Punta	6990	3,2
XIII	Batuco	16784	3,1
I	Pozo Almonte	9277	3,0
XVI	Chillán Viejo	27359	3,0
X	Dalcahue	7120	3,0
VIII	Hualqui	19643	2,9
VI	Pichilemu	12776	2,8
VII	Teno	9508	2,8
VII	San Javier	29017	2,8
XIII	Lo Barnechea	103092	2,8
V	Quintero	26247	2,7
V	Rinconada	8036	2,7
XVI	Quillón	10279	2,7
X	Frutillar	12876	2,7
V	Las Ventanas	8314	2,6
X	Los Muermos	7928	2,6
VI	Coquimbo	204068	2,5
V	San Esteban	10293	2,5
V	Cartagena	20792	2,4
VII	Molina	37189	2,4

crecimiento medio a alto

XIII	San Miguel	107828	2,4
V	Santo Domingo	6147	2,3
VII	Curicó	125275	2,3
VIII	Santa Juana	9549	2,3
XIII	Melipilla	72212	2,3
XIII	El Monte	29998	2,3
VI	Graneros	28679	2,2
VI	Chépica	6146	2,2
XIII	Huechuraba	98500	2,2
VI	La Serena	195382	2,1
V	Villa Alemana	125140	2,1
XIII	Peñaflor	82959	2,1
VI	Codegua	6659	2,0
VI	Punta Diamante	306	2,0
IX	Vilcún	6416	2,0
X	Calbuco	15903	2,0
XIII	Alto Jahuel	7000	2,0
VI	Requínoa	10539	1,9
VI	Nancagua	8774	1,9
X	Quellón	17552	1,9
IX	Pucón	17538	1,8
XII	Porvenir	5992	1,8
XIII	Niñoa	208048	1,8
II	Calama	157575	1,7
VI	Tongoy	5552	1,7
VI	Los Vilos	13816	1,7
VI	Monte Patria	6533	1,7
VI	Las Cabras	7766	1,7
VIII	Cabrero	14978	1,7
XVI	Coihueco	9089	1,7
IX	Nueva Imperial	18751	1,7
XIV	Sn. José de la Mariquina	9767	1,7
XI	Cochrane	2789	1,7
V	Casablanca	17948	1,6
V	Concón	39345	1,6
VI	Quinta de Tilcoco	7223	1,6
IX	Padre Las Casas	42020	1,6
VII	Talca	206069	1,6
II	Antofagasta	348517	1,5
VI	Vicuña	15872	1,5
VI	Rengo	37721	1,5
VI	Chimbarongo	16813	1,5

crecimiento medio a alto

VI	Santa Cruz	22681	1,5
VIII	Coronel	112057	1,5
IX	Lautaro	24280	1,5
IX	Pitrufquén	16516	1,5
X	Chonchi	5632	1,5
XIII	La Obra-Las Vertientes	3032	1,5
XIII	San Bernardo	290912	1,5
III	Caldera	15547	1,4
V	San Felipe	64120	1,4
VIII	Los Ángeles	143023	1,4
IX	Renaico	6516	1,4
V	Santa María	7671	1,3
VI	Pichidegua	5604	1,3
VI	Peralillo	5304	1,3
IX	Carahue	11325	1,3
X	Fresia	7328	1,3
X	Puerto Varas	26172	1,3
XIII	Bajos de San Agustín	7802	1,3
XIII	Curacaví	18686	1,3
VI	El Palqui	6175	1,2
V	Quillota	73261	1,2
VI	San Fernando	58367	1,2
VIII	Huépil	7780	1,2
VIII	Yumbel	9751	1,2
XVI	Quirihue	9432	1,2
XIV	Valdivia	150048	1,2
XIII	Las Condes	294480	1,2
XIII	Providencia	141986	1,2
XIII	Sn. José de Maipo	6230	1,2
VI	Salamanca	13520	1,1
V	Quilpué	147991	1,1
V	Viña del Mar	332875	1,1
V	Catemu	7772	1,1
VII	Parral	30767	1,1
VIII	Los Álamos	15244	1,1
VIII	Santa Bárbara	7943	1,1
XVI	Yungay	10884	1,1
IX	Villarica	31780	1,1
I	Iquique	188003	1,0
XV	Arica	202131	1,0
II	Taltal	10933	1,0
III	Tierra Amarilla	9857	1,0
V	Hijuelas	9418	1,0

crecimiento medio a alto

V	Olmué	11996	1,0
VI	Peumo	8522	1,0
VII	Longaví	7098	1,0
X	Castro	33417	1,0
XIII	Puente Alto	566561	1,0
XIII	Isla de Maipo	14176	1,0

Cuadro Anexo N° 3. Ciudades sin Crecimiento

Región Censo 2017	Ciudad	Población Censo 2017	Tcp Intercensal 2002-17
VI	Ovalle	75864	0,9
VI	Palmilla	2366	0,9
VII	Linares	73602	0,9
IX	Collipulli	16175	0,9
X	Llanquihue	12945	0,9
XIV	Paillaco	11296	0,9
XIII	Pudahuel	205558	0,9
XIII	Talagante	56878	0,9
V	La Ligua	19127	0,8
V	Limache	39002	0,8
VI	Rancagua	231370	0,8
XVI	Chillán	164270	0,8
X	Osorno	147666	0,8
XIV	Río Bueno	16909	0,8
XII	Puerto Natales	19023	0,8
XIII	Cerrillos	80710	0,8
XIII	Peñalolén	241394	0,8
V	Llaillay	17934	0,7
VI	Lo Miranda	9000	0,7
VI	Sn. Vicente de Tagua Tagua	20827	0,7
VII	Hualañé	5740	0,7
VIII	Mulchén	24113	0,7
XVI	San Carlos	32529	0,7
IX	Angol	48608	0,7
X	Puerto Montt	169736	0,7
XI	Coyhaique	49667	0,7
XIII	Maipú	512240	0,7
XIII	Renca	146987	0,7
III	Huasco	7071	0,6
VIII	Laraquete	5014	0,6

Sin crecimiento

VIII	Nacimiento	22857	0,6
IX	Gorbea	8592	0,6
X	Purranque	12614	0,6
XIV	Lanco	8521	0,6
VI	Combarbalá	5915	0,5
V	Los Andes	59388	0,5
VIII	Arauco	17597	0,5
VIII	Monte Águila	6574	0,5
IX	Loncoche	15303	0,5
XIV	Futrono	7095	0,5
XIII	Estación Central	140809	0,5
XIII	Tiltil	5549	0,5
XIII	Hospital	6122	0,5
VI	Andacollo	9989	0,4
VI	Sn. Francisco de Mostazal	12719	0,4
VIII	Chiguayante	85633	0,4
VIII	Hualpén	90704	0,4
X	Río Negro	6978	0,4
XII	Punta Arenas	123403	0,4
XIII	La Cisterna	89889	0,4
XIII	Quinta Normal	109784	0,4
XIII	Recoleta	157568	0,4
II	Tocopilla	24521	0,3
III	Copiapó	150804	0,3
VII	Cauquenes	32135	0,3
XVI	Coelemu	10297	0,3
XIII	Vitacura	85300	0,3
III	Vallenar	45298	0,2
V	San Antonio	86239	0,2
VIII	Concepción	217537	0,2
VIII	Penco	46718	0,2

Sin crecimiento

VIII	Tomé	42312	0,2	Sin crecimiento	IX	Freire	5443	0,1	Sin crecimiento
XVI	Bulnes	11072	0,2		IX	Curacautín	12679	0,1	
IX	Temuco	235509	0,2		IX	Traiguén	14257	0,1	
IX	Victoria	24773	0,2		VI	Doñihue	7401	0,0	
X	Ancud	28162	0,2		VII	Constitución	34022	0,0	
XIV	La Unión	26517	0,2		VIII	Lebu	20961	0,0	
XIV	Los Lagos	9746	0,2		VIII	Curanilahue	30139	0,0	
XI	Puerto Aysén	17441	0,2		XIV	Panguipulli	11091	0,0	
XI	Chile Chico	3129	0,2		XIII	La Florida	366376	0,0	
XIII	Macul	116249	0,2						
V	El Melón	9808	0,1						

Cuadro Anexo N° 4. Ciudades con crecimiento negativo

V	La Calera	47072	-0,1	Crecimiento negativo	
V	Nogales	8889	-0,1		
VIII	La Laja	16089	-0,1		
IX	Cunco	7166	-0,1		
IX	Purén	7524	-0,1		
V	Cabildo	10909	-0,2		
VIII	Cañete	19389	-0,2		
XIII	San Joaquín	94325	-0,2		
VI	Illapel	20751	-0,3		
V	Valparaíso	251177	-0,3		
XIII	Conchalí	126800	-0,3		
XIII	La Reina	92678	-0,3		
V	Putendo	6722	-0,5		
XIII	El Bosque	162415	-0,5		
XIII	La Pintana	176105	-0,5		
XIII	Lo Prado	95901	-0,5		
III	Chañaral	11073	-0,6		
III	Diego de Almagro	7223	-0,6		
VIII	Talcahuano	147831	-0,6		
XIII	Cerro Navia	132401	-0,7		
VIII	Lota	43272	-0,8		
VIII	San Rosendo	2858	-0,8		
XIII	La Granja	116312	-0,8		
XIII	Lo Espejo	98651	-0,8		
XIII	Pedro Aguirre Cerda	101035	-0,8		
XIII	San Ramón	82602	-0,9		
III	El Salvador	6032	-2,0		
XIII	Pirque	2685	-3,0		
VI	Gultro	542	-6,0		
XIII	Chamisero	7747			Nuevas no existían en 2002
XIII	Valle Grande	16966			



CAPITULO 9

INFORME PAÍS ESTADO DEL MEDIO AMBIENTE EN CHILE
2018

9. ENERGÍA

La producción y el consumo de energía generan un conjunto de presiones sobre el entorno, en sus dimensiones ambiental, social, y geopolítica. Este conjunto de problemáticas se suelen abordar bajo el concepto de trilema energético. En este Capítulo se describe el estado del desarrollo energético en el año 2019, junto a una revisión de los principales impactos ambientales asociados a la producción energética del país, para finalizar con un análisis de los sistemas energéticos y las tendencias de las políticas públicas.

9.1 EL DESARROLLO ENERGÉTICO EN 2018

9.1.1 Matriz energética y balance nacional de energía

9.1.1.1 Matriz energética primaria

Actualmente la matriz energética primaria de Chile se compone principalmente de combustibles fósiles como petróleo crudo (29%), carbón (24%) y en menor medida gas natural (15%) debido al uso predominante de estos por su bajo costo como combustible para producción de energía eléctrica, procesos industriales, transporte y calefacción residencial entre otros. A estos le sigue el uso de biomasa en un 25%, lo que responde a la fuerte presencia del uso de leña en calefacción residencial y de subproductos orgánicos de procesos industriales como combustible para autogeneración eléctrica y otros procesos dentro de las mismas industrias. Finalmente, se encuentran fuentes renovables como lo son la hidroeléctrica (6%), eólica (1%), solar (1%) y en menor medida el biogás y la energía geotérmica (ambas menores al 1%). Ver Figura 9.1

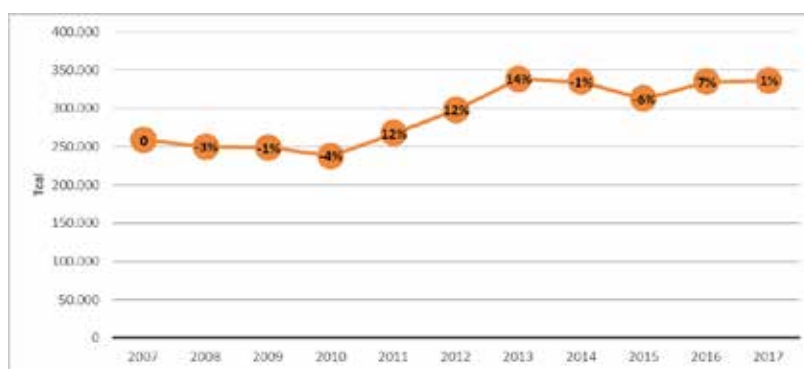
Figura 9.1 Oferta de energía primaria por energético



FUENTE: CNE, Anuario estadístico de energía 2018

Por otro lado, si se observa la evolución de la matriz primaria en diez años (Figura 9.2) se pueden advertir algunas tendencias tanto en estructura como en crecimiento del consumo energético. En primer lugar, hay un aumento del 30% en el total de energía primaria consumida desde el año 2007, lo que implica un crecimiento mayor al de la década anterior; el cual había sido de un 22% entre los años 1997 y 2007¹. En segundo lugar, en la composición los cambios más importantes son la disminución del uso de petróleo crudo y carbón y la aparición de fuentes renovables como la energía solar, eólica, hidroeléctrica y biogás.

Figura 9.2 Evolución de la oferta de energía primaria (Tcal.)



FUENTE: CNE, Anuario estadístico de energía 2018

9.1.1.2 Matriz energética Secundaria

La matriz energética secundaria muestra la participación de cada energético en el consumo final de energía, considerando transformaciones intermedias de energía, cobrando relevancia los derivados del petróleo y la electricidad, utilizados para el desarrollo de todo tipo de actividades industriales tanto como para la vida cotidiana en ciudades y pueblos ya sea en iluminación, calefacción, transporte, etc.

En términos de composición, como se puede observar en la Figura 9.3, la matriz energética secundaria de Chile en el año 2017 se compone principalmente de petróleo Diésel (30%) seguido de electricidad (21%), luego gasolina y biomasa (ambas con un 13%). A estos le siguen una variedad de energéticos en menor cantidad, estos son: gas natural (6%), gas licuado de petróleo (6%), kerosene (5%), otros derivados del petróleo (5%) y finalmente carbón y derivados (1%).

Figura 9.3 Consumo energía secundaria por energético

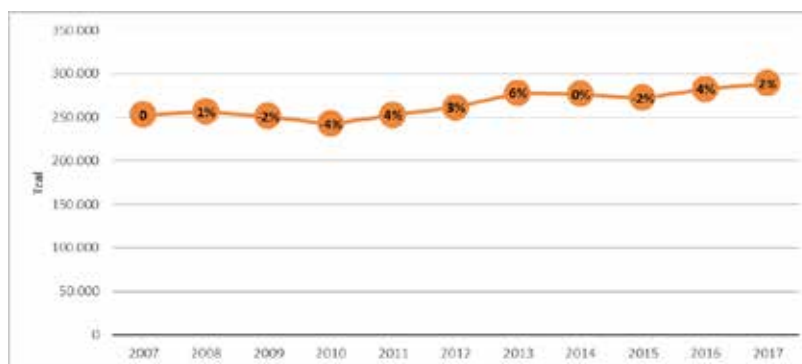


FUENTE: CNE, Anuario estadístico de energía 2018

1 Fuente: Calculado a partir de BNE 1997 y BNE 2017

No hay grandes cambios de composición de la matriz secundaria en los últimos 10 años, detectándose principalmente reducciones en el carbón y derivados, en el consumo de otros derivados del petróleo y de biomasa, mientras que aumentan las participaciones de petróleo diésel, gasolina y electricidad.

Figura 9.4 Evolución del consumo final (Tcal.)



FUENTE: CNE, Anuario estadístico de energía 2018

Al observar la tendencia de 10 años hay un crecimiento del 14%, cifra menor que la observada anteriormente, en la figura 9.2, que presentaba un 30% de crecimiento en la matriz primaria en el mismo periodo. Estas diferencias se deben a que en la matriz secundaria se consideran las pérdidas en la producción de electricidad, las que han aumentado las desde un 52% el año 2008 a 64% el año 2017².

Figura 9.5 Total del consumo final por sector



FUENTE: CNE, Anuario estadístico de energía 2018

En cuanto al consumo final de energía, la demanda presenta una preponderancia del sector industrial y minero con una participación del 39%, seguida del transporte con un 36%, mientras que los sectores: comercial, público y residencial en su conjunto demandan un 22% de la oferta de energía secundaria. La composición del consumo final de energía presenta muy leves variaciones en los últimos 10 años.

9.1.2 Evolución del desarrollo energético.

Dentro de las energías secundarias, la energía eléctrica es de especial importancia, pues constituye un 21% de la energía secundaria, una parte importante de los sectores industrial y residencial, comercial y público (con un 33% y 32% respectivamente³). Además requiere un consumo importante de energías primarias para su producción, lo que a su vez conlleva un impacto ambiental considerable, según se analiza en la sección 9.2.

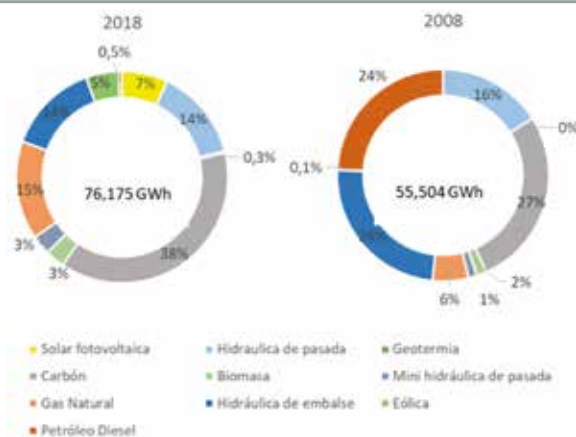
9.1.2.1 Composición de matriz eléctrica (2018)

Actualmente en Chile la producción eléctrica bruta alcanza los 76.175 GWh³, la cual se genera principalmente en centrales termoeléctricas de carbón (38%) o gas natural (15%), además de centrales hidráulicas de embalse o de pasada (28%). En menor medida que las anteriores, se genera energía eléctrica mediante las llamadas “energías renovables no convencionales” o ERNC, las cuales han superado el 18% en 2018: energía solar (7%), eólica (5%), biomasa (3%), mini hidráulica (3%) y geotermia (0,3%).

9.1.2.2 Evolución de la matriz eléctrica

En la Figura 9.6 se observan los cambios en la composición de la matriz eléctrica chilena en los últimos 10 años, los que se deben tanto a tendencias tecnológicas como sociopolíticas. Las mejoras tecnológicas junto a la disminución de precios facilitaron la entrada de las ERNC, las cuales no tenían presencia en el mercado eléctrico hace 10 años y hoy en día representan más del 18% de la generación de electricidad. Las nuevas tecnologías reemplazaron principalmente la generación por diésel, que fue la principal alternativa en los años posteriores a la crisis del gas natural del año 2004 y redujo después su participación desde un 24% al 2008 a un 0,5% al 2018. Se observa también un crecimiento de la generación eléctrica en base a carbón, desde un 27% a un 38% en el mismo período, y también la participación del gas natural desde un 5,5% a un 15%. Finalmente, la energía hidráulica de embalse disminuye su presencia en la matriz eléctrica total desde un 24% en 2008 a un 14% en 2018, debido a factores climáticos así como la cancelación de nuevos proyectos debido a los conflictos sociales y ambientales examinados.

Figura 9.6 Generación eléctrica bruta nacional



FUENTE: CNE, Anuario estadístico de energía 2018

En los últimos diez años hubo cambios significativos en la generación eléctrica como se puede observar al comparar el volumen y la composición de la matriz eléctrica 2008 y 2018, entre las cuales existe un crecimiento del 37%. Además, el principal cambio de la matriz eléctrica en los últimos años es su estructura misma, ya que hasta el año 2017, se dividía en 3 sistemas o subsistemas: el sistema interconectado central o SIC, sistema interconectado del norte grande o SING, y los sistemas medianos o SSMM que se componían de aquellos sistemas de capacidad superior a 1.500 kW e inferior a 200 MW, ubicados en Isla de Pascua, Hornopirén, Cochamó, Aysén y Magallanes. A partir de 2018, los grandes sistemas se agruparon en el Sistema Eléctrico Nacional (SEN) que representa el 99,3% de la matriz eléctrica mientras que los SSMM representan el 0,7%, como se observa en la Figura 9.7

Figura 9.7 Evolución de la generación eléctrica bruta por sistema (GWh.)



FUENTE: CNE, Anuario estadístico de energía 2018

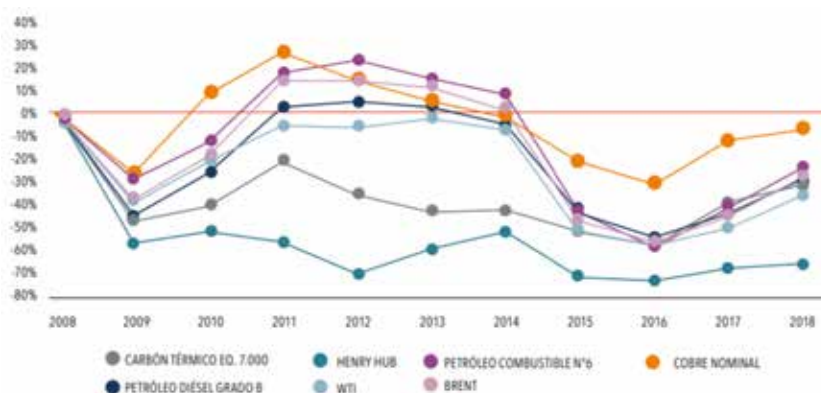
9.1.2.3 Evolución de costos eléctricos

En los últimos diez años ha habido una tendencia a la disminución de los costos eléctricos, tanto para el consumidor como para las generadoras, aunque no ha sido constante debido a la influencia de variados factores como la disponibilidad de recursos hídricos y precio de combustibles.

La disminución de precios para los usuarios ha tenido lugar gracias a una baja general a nivel internacional en los precios de los combustibles fósiles. Los costos eléctricos comparten un comportamiento similar como se puede observar al comparar la Figura 9.8 con la Figura 9.9, que muestran respectivamente la evolución de precios internacionales de combustibles de referencia y la evolución de costos marginales en generación eléctrica.

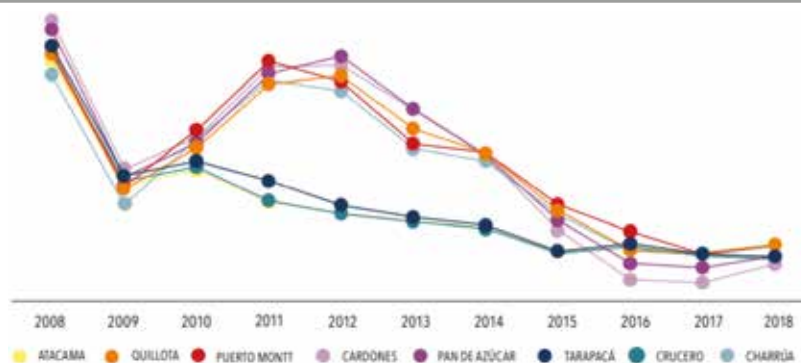
Por otro lado, la incorporación de tecnologías más competitivas al sistema también ha facilitado la disminución de precios, ya que la compra de energía da prioridad a las plantas eléctricas cuyo costo marginal sea menor. Actualmente las ERNC son aquellas fuentes de menor costo marginal, dado que no dependen de la fluctuación en el precio específico de un combustible.

Figura 9.8 Evolución de los precios internacionales de combustible de referencia (base 100% = 2008).



FUENTE: CNE, Anuario estadístico de energía 2018

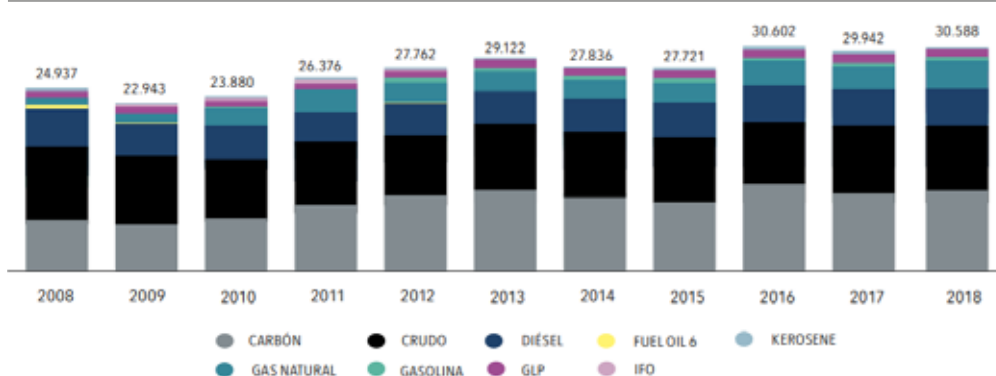
Figura 9.9 Evolución de los costos marginales por barra de 220 kV (USD/MWh.)



FUENTE: CNE, Anuario estadístico de energía 2018

La similitud en el comportamiento del precio internacional de los combustibles y los precios de la electricidad en Chile se explica en parte por la fuerte dependencia energética del país. Chile posee pocas reservas de combustibles fósiles, en relación a su demanda de los mismos, por lo que siempre ha dependido fuertemente de la importación de estos combustibles, cuyo volumen ha crecido un 22% en la última década, siendo el carbón y a continuación el petróleo crudo los que presentan mayor volumen de importación. Aún con la incorporación de ERNC y la existencia de producción local de gas natural y carbón sobre otros, existe una dependencia del 69% de los energéticos consumidos que provienen de importaciones⁴. Ver Figura 9.10

Figura 9.10 Evolución de las importaciones de Chile (1000 ton netas)



FUENTE: CNE, Anuario estadístico de energía 2018

9.1.3. Tendencias en el crecimiento de las energías renovables

Como respuesta a los efectos del cambio climático y a la dependencia de combustibles fósiles, tanto global como nacionalmente se tiende a introducir progresivamente en la matriz eléctrica las tecnologías ERNC, como la solar, fotovoltaica y las turbinas eólicas.

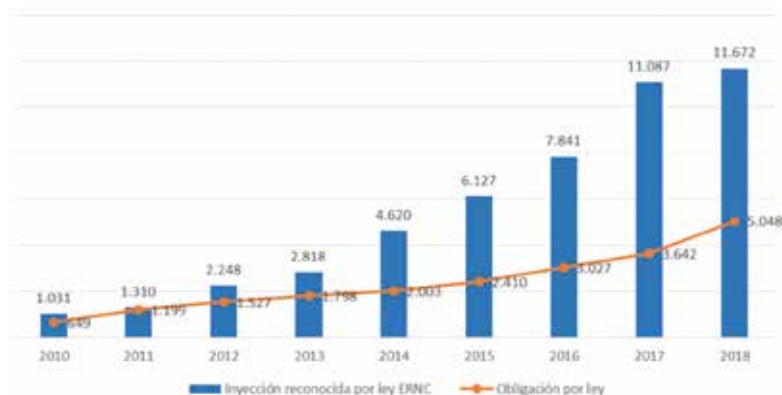
9.1.3.1 Ley 20.257 y su cumplimiento

Chile presenta condiciones geográficas especialmente favorables para varias tecnologías ERNC, a saber, zonas con vientos adecuados para turbinas eólicas, disponibilidad de biomasa, altas temperaturas en subsuelos para instalaciones geotérmicas, pero por sobre todo, el desierto con uno de los mayores potenciales solares del mundo. Aunque las políticas de fomento a la instalación de ERNC en el país han sido conservadoras, gracias a dichas condiciones geográficas estas alternativas han penetrado fuertemente en la matriz de generación eléctrica los últimos diez años, superando con creces las metas impuestas por la ley 20.257 del año 2008. Esta ley obliga a las empresas generadoras eléctricas con capacidad instalada superior a 200 mega watts, a comercializar un porcentaje de energía proveniente de fuentes renovables no convencionales o de centrales hidroeléctricas con potencia inferior a 40.000 kilowatts, ya sean propios o contratados. Este porcentaje comenzaría en 2010 con un 5% y se incrementa 0,5% cada año hasta llegar a un 10% en 2024⁵.

⁴ Calculado a partir de BNE 2017

⁵ Fuente: Central energía, ley 20.257

Figura 9.11 Evolución de las inyecciones de ERNC desde vigencia de ley 20.527 en GWh.



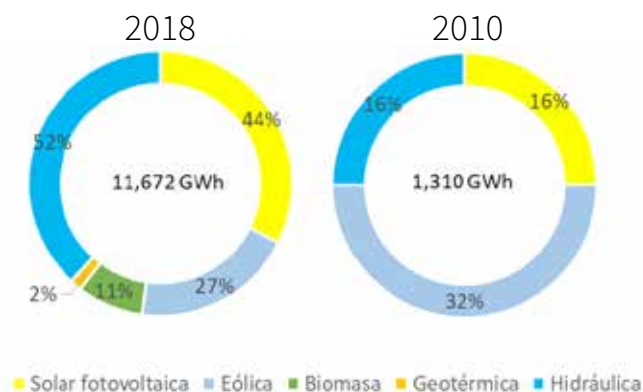
FUENTE: CNE, Anuario estadístico de energía 2018

Como se observa en la Figura 9.11, el cumplimiento de la ley 20.257 tuvo lugar un año después de su vigencia en 2010 y desde entonces se superó la exigencia mínima cada año por un margen mayor, alcanzando el 18% el año 2018. Con estos precedentes el año 2015 se aprobó la política energética 2050, la cual propone alcanzar un 70% de la matriz eléctrica chilena mediante energías renovables en el año 2050, comenzando con lograr un 20% el año 2025, cifra que ya está siendo alcanzada en 2019.

9.1.3.2 El auge de la energía solar en Chile.

Como muestra la Figura 9.12, desde 2010 a la fecha las energías ERNC en Chile han tenido un aumento notable en la matriz de generación eléctrica. Actualmente, la principal es la energía solar dado que nuestro país posee uno de los mayores potenciales de radiación solar del mundo, bien aprovechado ahora mediante plantas fotovoltaicas y más recientemente con centrales termosolares, también utilizadas en industrias para la generación de calor.

Figura 9.12 Aportes de ERNC desde la vigencia de ley 20.257



FUENTE: CNE, Anuario estadístico de energía 2018

Inicialmente, la energía hidráulica constituía la principal fuente de energía eléctrica, con un 52% del total de ERNC inyectadas a la matriz eléctrica, mientras que en 2018, con casi 500 MW instalados⁶, representa un 16% de las ERNC y un 3% de la matriz eléctrica total. A su vez, el porcentaje de energía solar fotovoltaica en la red eléctrica ha aumentado desde un 16% en 2010 a un 44% en 2018, representando un 7% del total de la generación eléctrica, superando los 2000 MW instalados en operación, previéndose que superará el 10% en la matriz eléctrica durante 2019.

La energía eólica sigue en cantidad a la energía solar, alcanzando al 2018 los 1500 MW instalados con un 5% de la matriz eléctrica, siendo que en 2008 era prácticamente inexistente en el sistema. Aun así, dentro de las ERNC constituía un 32% en 2010, pero la

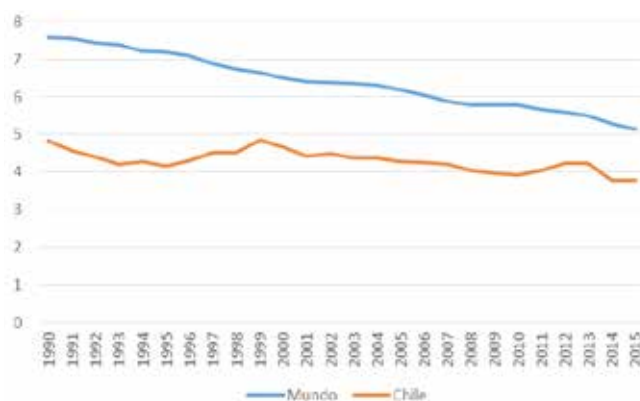
aparición de nuevas tecnologías con biomasa y la geotermia, redujo la participación de la energía eólica en 2018 a un 27% de las ERNC en el sistema eléctrico.

La biomasa ha alcanzado 500 MW, representando un 11% de las ERNC en 2018. Por último, la geotermia comienza a hacer presencia en septiembre de 2017 con la instalación de 48 MW⁷ en la planta geotérmica de Cerro Pabellón, contribuyendo con un 2% de la participación de ERNC.

9.1.4 Eficiencia Energética.

La intensidad energética es la relación entre la energía consumida y el producto interno bruto (PIB) de un país, dando cuenta la eficiencia energética general de un país, lograda por la aplicación de políticas de eficiencia energética o cambios estructurales de la economía. En países pertenecientes a la OCDE la tendencia en las últimas 3 décadas es a la reducción del consumo de energía. Si bien, este también es el caso de Chile, que según el Banco Mundial ha disminuido su intensidad energética de 4,6 MJ/USD en el año 2000 a 3,7 MJ/USD, en el año 2015⁸, la tasa de reducción es menor a la que se evidencia en países OCDE⁹. Los contextos nacionales e internacionales en el ámbito de políticas de eficiencia energética se detallan en la sección 9.3.

Figura 9.13 Intensidad energética Chile vs promedio mundial 1990-2015 MJ/PIB (USD)



FUENTE: Banco Mundial

9.2 IMPACTOS AMBIENTALES EN EL DESARROLLO ENERGÉTICO

9.2.1 Proyectos energéticos

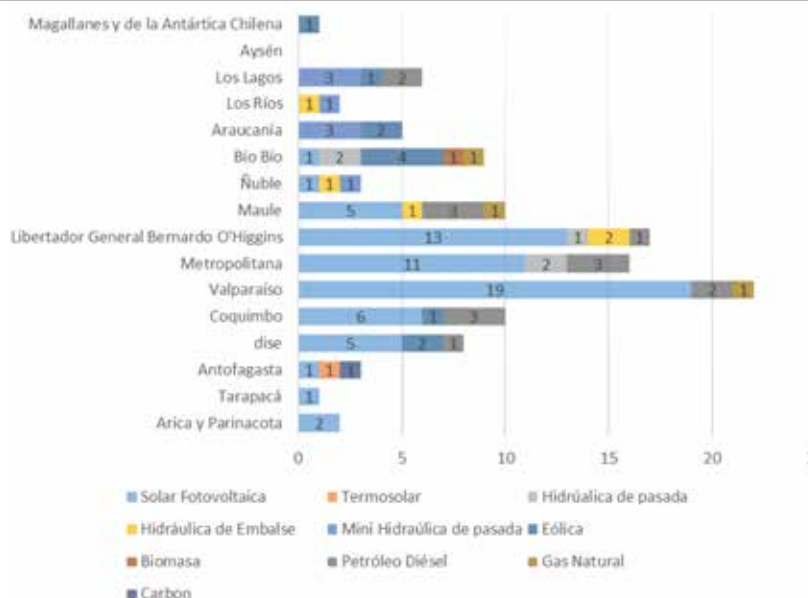
Según el registro de la Comisión Nacional de Energía, desde el 2004 al año 2018 hay 114 proyectos declarados en construcción bajo la resolución de la Comisión Nacional de Energía de los cuales el 57% son proyectos solares fotovoltaicos, 8,7% eólicos, 20,5% hidroeléctricos, 13% petróleo diésel, 2,6% gas natural y un 0,8% termo solar, biomasa y carbón. En la Figura 9.14 se presenta distribución de proyectos según fuente energética por región.

7 Fuente: ENAP

8 Fuente: Datos Banco mundial

9 Fuente: Enerdata, Global statistical yearbook 2019

Figura 9.14 Proyectos declarados en construcción desde 2004 bajo resolución de la CNE



FUENTE: Elaboración propia a partir del registro CNE, 2018

Se constata una tendencia al desarrollo de proyectos de energías renovables, principalmente solar fotovoltaica, en las Regiones del norte, centro y centro sur del país. La energía eólica está representada por 10 proyectos: cuatro en la Región del Bío Bío, tres en las Regiones de Los Lagos, Araucanía y Magallanes y dos de mayor potencia en la Región de Atacama. En cuanto a proyectos hidroeléctricos son 18 declarados en construcción en la zona centro y sur del país, siendo el de mayor envergadura el proyecto Alfalfal II, el cual forma parte del proyecto Alto Maipo. Y los 13 proyectos con fuente energética petróleo se distribuyen a lo largo del país, concentrándose los de mayor tamaño en la región de Atacama y Coquimbo.

La vulnerabilidad de Chile frente al cambio climático y sus efectos revelan la importancia que tiene la coordinación de las políticas energéticas y ambientales para el desarrollo del país. Con este propósito se impulsó la creación de diversas guías y documentos de gestión ambiental que aportan al resguardo de diversos componentes ambientales como son paisaje, turismo, caudal ambiental del agua, biota marina y descargas de agua superficiales, entre otros.

A futuro la sustentabilidad deberá enfrentar temas sistémicos tales como la gestión de zonas con alta concentración de generación eléctrica y el uso de los recursos naturales. Cualesquiera sean las decisiones que se adopten en el marco de la política energética nacional, deberán considerar mecanismos transparentes y participativos para definir las prioridades del sector. Sólo así se podrá disponer en forma sustentable de la energía que se necesita. Esta mirada debe contar con un enfoque local que favorezca el desarrollo de las comunidades en forma sustentable y acorde con los lineamientos de la Política Energética Nacional, tal como es el caso del programa Comuna Energética que se ha llevado a cabo en los últimos años¹⁰.

9.2.2 Impactos ambientales de la generación de energía eléctrica

Los impactos ambientales asociados a proyectos de generación de electricidad atañen al uso de recursos naturales y la afectación de los ecosistemas en el área de influencia. Para lograr identificar estos impactos ambientales la Subsecretaría de Energía y el Servicio de Evaluación Ambiental han desarrollado una serie de Guías para la evaluación de impacto ambiental de centrales solares, eólicas y geotérmicas. A partir de esta información se han sistematizado los principales impactos causados por los proyectos energéticos durante su etapa de construcción, operación y cierre, como se presenta en el siguiente Cuadro 9.1.

Cuadro 9.1 Principales impactos ambientales asociados a la generación de energía eléctrica

Componente	Impactos asociados
Atmósfera	Aumento en la concentración ambiental de material particulado y gases
	Aumento en los niveles de ruido y vibraciones
Suelo	Cambio de las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo
	Activación de procesos erosivos o erosión del suelo
	Compactación de suelo
	Pérdida de suelo
Flora	Pérdida de individuos
	Pérdida de una comunidad de flora o vegetación
	Modificación o pérdida de hábitat para la flora
Fauna	Pérdida de individuos
	Perturbación de la fauna
	Modificación o pérdida de hábitat para la fauna terrestre
Recursos Hídricos	Cambio de propiedades físicas, químicas y microbiológicas
	Alteración en la escorrentía superficial
Paisaje	Pérdida de atributos biofísicos del paisaje
	Intrusión visual
	Modificación de atributos estéticos
Otros	Afectación de la oferta de servicios turísticos
	Afectación del uso de suelo
	Desplazamiento de población local
	Alteración patrimonio arqueológico

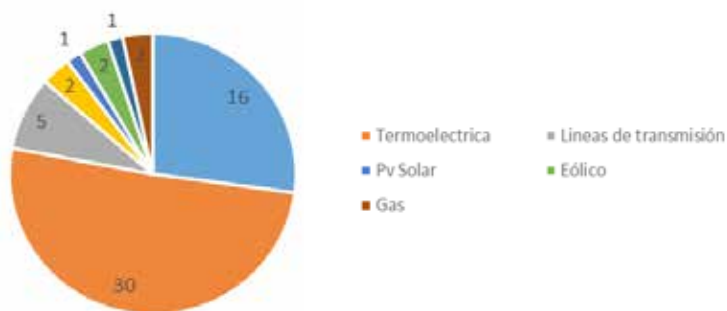
FUENTE: Elaboración propia

9.2.3 Conflictos ambientales en torno a la energía

Los conflictos ambientales reflejan tensiones entre objetivos no siempre compatibles, como el crecimiento económico y la protección ambiental y el desafío consiste en armonizar estos objetivos sociales a veces contrapuestos. Para ello es necesario ante todo que los procedimientos para la toma de decisiones ambientales sean considerados legítimos; además, contar con espacios de participación eficaz sobre aquellas materias que afectan directamente a las personas; y todo ello dentro de una cultura política que favorezca el diálogo y las soluciones colaborativas. Una de éstas es utilizar el Estándar de Participación de Proyectos de Energía (aplicable a otras industrias) desarrollada por el Ministerio de Energía, con una metodología y actividades para que las empresas las apliquen durante la evaluación ambiental y a lo largo del ciclo de vida de los proyectos.

Según el mapa de conflictos ambientales de INDH existen 56 proyectos asociados al sector energético con conflictos socio-ambientales. Ver Figura 9.15

Figura 9.15 Conflictos ambientales por fuente energética



FUENTE: Elaboración propia a partir del Mapa de conflictos socio ambientales, INDH 2018

9.2.3.1 Conflictos ambientales de la producción de carbón

En particular, los proyectos energéticos que presentan mayor ocurrencia de conflictos son las centrales termoeléctricas e hidroeléctricas, aunque en la actualidad existe un marcado conflicto en la producción de carbón a rajo abierto en Magallanes.

Recuadro 9.1 Caso Isla Riesco

Lugar de emplazamiento: Isla Riesco es la cuarta isla más grande de Chile y en parte de ella se encuentra la Reserva Nacional Alacalufes. Posee una gran diversidad de flora y fauna.

Comunidad: Comunidad con vocación productiva silvo-agropecuaria,

Descripción del proyecto: Consiste en la extracción y venta de carbón sub-bituminoso, para abastecer a centrales termoeléctricas situadas principalmente en las zonas centro y norte del país y también ser exportado a mercados internacionales. La iniciativa considera una inversión global estimada de US\$ 180 millones y una vida útil de 12 años.

Conflicto: Organizaciones territoriales han trabajado por la defensa de la población y del patrimonio natural. Los principales impactos negativos del proyecto son el corte de 400 hectáreas de bosque nativo, secado de una de las lagunas de la isla, eliminación de humedales, amenazas a la flora y fauna, alteración de aguas superficiales, contaminación del mar del Seno Otway, generación de aguas ácidas, agentes químicos y emisiones.

Estado del conflicto: El año 2012 el proyecto fue aprobado con observaciones, lo que generó movilizaciones locales contra la resolución. Desde el año 2013 se realizaron fiscalizaciones por parte de la Superintendencia del Medio Ambiente (SMA), funcionarios del Servicio Nacional de Geología y Minería (SERNAGEOMIN) y de la Dirección General de Aguas (DGA) de la Región de Magallanes. A partir de las fiscalizaciones la SMA presentó cargos contra la empresa por falta de cumplimiento de su Resolución de Calificación Ambiental. Durante el 2014 la Secretaría Regional de Medio Ambiente presentó una denuncia a la empresa por ruptura de un humedal y contaminación con carbón y material sedimentado, lo que significó una multa 221 UTA. El 2015, la empresa ingresó al Servicio de Evaluación Ambiental (SEA) una Declaración de Impacto Ambiental (DIA) para incorporar tronaduras. En abril del mismo año, la SMA advirtió la falta de información presentada para optar a los permisos ambientales

9.2.3.2 Impactos Ambientales de la termoelectricidad

Los principales impactos de las centrales termoeléctricas en Chile son principalmente el uso de agua de mar para el proceso de enfriamiento y la emisión de residuos sólidos y gases de la combustión del carbón. A continuación, se presentan los principales impactos ambientales asociados:

- Emisiones atmosféricas: emisiones al aire de material particulado (MP), dióxido de azufre (SO₂), óxidos de nitrógeno (NO_x) y mercurio (Hg)
- Uso de agua: el sistema de captación de agua de una central termoeléctrica puede producir efectos de atrapamiento y arrastre de especies hidrobiológicas con un efecto en la dinámica de la población del hábitat costero.
- Emisión de residuos sólidos de la combustión: Los residuos que no son reutilizados se almacenan en depósitos que en Chile son de tipo seco. Las cenizas almacenadas pueden eventualmente ser expuestas al ambiente o a personas por efecto del viento o durante su transporte. Además, pueden generar lixiviados que infiltren el subsuelo y lleguen a aguas subterráneas o que escurran por la superficie hasta algún cuerpo de agua¹¹.

Las termoeléctricas que se ubican generalmente en el borde costero, y principalmente en la zona centro norte del país. Por lo tanto, las comunidades vecinas a estos conflictos suelen ser pescadores artesanales, habitantes costeros y en algunos casos los gobiernos locales. Las principales causas de estos conflictos son el deterioro en la calidad del aire por la emisión de sustancias tóxicas, como también la descarga de agua a alta temperatura y con desechos industriales al mar. Además, este tipo de proyectos se asocia con daños a la salud, sobre todo con la ocurrencia de enfermedades respiratorias y cáncer, lo que supone un riesgo a la vida de los habitantes. Estos argumentos son visibles en los casos de las centrales termoeléctricas: Guacolda (Unidad 3), Andino, Ampliación Boca Mina Segunda, Farellones, Campiche, Los Robles, Cruz Grande, RC Generación, Energía Minera, Pacífico, Patache y Punta Alcalde. Además, existen lugares donde se concentran diversos proyectos energéticos, como Mejillones, Huasco, Coronel, Ventanas y Puchuncaví, en los cuales los habitantes reclaman que sus territorios se han transformado en “zonas de sacrificio” provocando en estos casos una oposición más generalizada porque que no aceptan que se instalen más proyectos.

11 Estudio de variables ambientales y sociales que deben abordarse para el cierre o reconversión programada y gradual de generación eléctrica a carbón ministerio de medio ambiente - INDOU, 2018

Recuadro 9.2 Caso Complejo Termoeléctrico Ventanas. Quintero y Puchuncaví zonas de sacrificio ambiental

Lugar de emplazamiento: Quintero y Puchuncaví, en la Región de Valparaíso

Comunidad: Comunidad aldeaña, pescadores artesanales, agricultores

Descripción del proyecto: Cerdón industrial

Conflicto: En las comunas de Concón, Quintero y Puchuncaví se emplazan distintas actividades económicas que aportan emisiones de material particulado y gases precursores de material particulado, entre las que destacan Fundición y Refinería de Cobre CODELCO División Ventanas, Complejo Termoeléctrico AES GENER S.A. y Refinería Aconcagua de ENAP, que en conjunto representan el 76% de las emisiones de MP, el 99% de las emisiones de SO₂ y el 81% de las emisiones de NO_x. Por otra parte, el sector industrial que se asocia con el manejo y procesamiento de hidrocarburos y sus derivados, es responsable de la mayor parte de las emisiones de Compuestos Orgánicos Volátiles¹⁰ (COVs) en la zona, siendo las principales fuentes: Refinería Aconcagua de ENAP, Gasmar, Copec, Oxiquim, GNL Quintero, ENAP Quintero y Enx. De acuerdo a lo informado por las empresas en cumplimiento de lo establecido en el D.S. N°138/2005 del Ministerio de Salud, las emisiones de COVs en el año 2017 corresponden a 698 ton/año. Otras fuentes emisoras presentes en la zona son la Central Térmica Quintero de ENEL, Industria Química BASF, Catamutun, ESVAL, Cementos Melón y Puerto de Ventanas. La actividad portuaria es el principal centro de transferencia de graneles líquidos y sólidos como granos, Clinker¹¹, combustible, asfaltos, concentrados de cobre y otros minerales además de productos químicos, gas natural y petcoke. En la zona, también existen otras instalaciones de menor tamaño<?>.

Las comunidades de las comunas de Puchuncaví y Quintero, se oponen a nuevos proyectos industriales, dada su condición de Zona Saturada para anhídrido sulfuroso y material particulado respirable (D.S. N°346/93 del Ministerio de Agricultura) y la continua exposición a la contaminación que ha causado una serie de episodios de alerta ambiental, graves problemas de salud de la comunidad y perjuicio al turismo y la agricultura.

Estas localidades han enfrentado una serie de eventos, entre los que se destaca el derrame de más de 38 mil litros de crudo al mar, en el año 2014, hechos que se reiteraron en el año 2015 y en mayo del 2016. A ello se suman los diversos varamientos de carbón que se han presenciado en las costas de Ventanas, cerca de 300 sucesos desde el año 2008 a agosto de 2018, el último de ellos en julio de 2019. En marzo del año 2011 una falla en la división Ventanas de la empresa Codelco generó una nube tóxica que dejó a niños y niñas de la Escuela Básica La Greda, ubicada en Puchuncaví, con diversos síntomas de intoxicación. En septiembre del 2015, hubo una nueva intoxicación de 40 alumnos del nuevo establecimiento.

Estado del conflicto:

En el año 2015 el Ministerio de Medio Ambiente declaró a las comunas de Concón, Quintero y Puchuncaví, como zona saturada por material particulado fino respirable MP₂₅ tanto por concentración anual y latente como concentración diaria, y zona latente por material particulado respirable MP₁₀. Tal declaración conlleva a que el Estado de Chile deba cumplir con el imperativo legal establecido en el artículo 43 de la ley 19.300 de Bases Generales del Medio Ambiente y elaborar un plan de descontaminación o de prevención, para las comunas que son parte de la declaración de saturación o latencia.

El Ministerio del Medio Ambiente, elaboró un Plan de Descontaminación global para las comunas de Concón, Quintero y Puchuncaví, el cual fue rechazado por la Contraloría General de la República en diciembre del año 2017 por no ajustarse a derecho.

El 15 de septiembre 2018 vecinos interpusieron un recurso de protección conjunto en la Corte de Apelaciones de Valparaíso, contra el Ministerio del Interior y la Intendencia Regional por las intoxicaciones que originaron 1.208 consultas en el Hospital Adriana Cousiño. Además, 850 vecinos de la zona piden intervenir a la Corte y 287 se han querellado por intoxicación.

En mayo de 2019, la Tercera Sala de la Corte Suprema emitió un fallo a favor de 12 recursos de protección presentados por distintas organizaciones medioambientales y locales. El máximo tribunal además ordenó a las autoridades tomar una serie de medidas para proteger a la población, entre ellas realizar estudios sobre la composición de los gases que se emiten en la bahía, regular las emisiones contaminantes y reducirla conforme a la normativa vigente, realizar estudios de las enfermedades detectadas en la comunidad y diseñar junto con ONEMI un plan de emergencia para circunstancias similares a las ocurridas durante la crisis.

En febrero de 2019 el Plan de descontaminación fue reingresado con las correcciones señaladas por Contraloría, siendo aprobado y puesto en marcha desde abril 2019 De acuerdo a las autoridades contemplan el cierre de las termoeléctricas de Puchuncaví para los años 2022 (cierre Ventana I) y 2024 (cierre ventana II). Sin embargo, las organizaciones de la sociedad civil acusan que el Plan de Descontaminación presentado no ayudará a mejorar la calidad de vida de la zona, sino que lo que se requiere son mejorar las normas de emisión. Recientemente, el Colegio Médico de Chile presentó un informe en relación al Plan de Prevención y Descontaminación Atmosférica de Concón, Quintero y Puchuncaví, en el que se determina que este posee falencias en torno a la validación de los datos en los índices de monitoreo de contaminación que han entregado a la comunidad.

9.2.3.3 Impactos ambientales de la hidroelectricidad

Las hidroeléctricas se ubican en general en la zona centro y sur del país. Los motivos principales de la controversia son la afectación al turismo, alteración del funcionamiento de la cuenca y daños a la flora y fauna nativa. En la mayoría de los casos los lugares que requieren ser inundados o intervenidos se consideran áreas con alto valor cultural y natural. Esto se ve reflejado en los casos de Alto Maipo, Central Hidroeléctrica San Pedro, Central Hidroeléctrica Chacayes, Proyecto Hidroeléctrico Aysén, Proyecto Hidroeléctrico Achibueno y Central de Pasada Mediterráneo. Adicionalmente, la controversia comprende la amenaza a los modos de vida ancestrales indígenas y a la disponibilidad del recurso hídrico, tal como es posible advertirlo en casos como Central Hidroeléctrica Angostura, Central Hidroeléctrica San Pedro, Central Hidroeléctrica Maqueo, Central Hidroeléctrica Neltume y Central de Pasada Mediterráneo. Los impactos ambientales de proyectos hidroeléctricos se generan primeramente durante la etapa de construcción, cuando se habilita el terreno para las obras, se realizan construcciones temporales en los cauces, construcción de las líneas o tendidos eléctricos; y después, durante la operación de la planta que siempre altera los recursos hídricos, la flora y fauna acuática y la cuenca represa abajo.

Recuadro 9.3 Caso Hidroeléctrica Alto Maipo

Localización: Extremo sur oriental de la región Metropolitana, Provincia Cordillera, comuna de San José de Maipo.

Comunidad: Habitantes del sector relacionados a la minería y actividad agropecuaria de la zona, habitantes provenientes de la urbe, emprendimientos turísticos.

Descripción del proyecto: Comprende la construcción de dos centrales: Las Lajas y Alfalfal II. Esta última aprovechará las aguas provenientes de la zona alta del río Volcán y del río Yeso, mientras que la Central Las Lajas hará uso de las aguas provenientes de las descargas de las centrales Alfalfal I y II, más los aportes del río Colorado y la subcuenca del estero Aucayes.

Conflicto: Desde que el proyecto fue presentado al SEIA, diversas organizaciones del Cajón del Maipo han manifestado su oposición. La organización que lidera el movimiento es la coordinadora No a Alto Maipo, la que ha entregado las siguientes razones para su oposición: amenaza a las reservas de agua potable que abastecen el 80% del agua potable de la región metropolitana; disminuye la disponibilidad de agua de riego para 120.000 hectáreas; altera el ciclo hidrológico por la destrucción de glaciares. Cuestionan el carácter de “central de pasada” dado que trasvasiaría el agua de 3 ríos para devolverla 100 Km más abajo; vulnera sitios de valor patrimonial, paisajístico, de conservación, arqueológico y paleontológico, y perjudica el turismo. No considera el cambio climático que acelera la desertificación poniendo en riesgo 100.000 hectáreas de ecosistemas; afectaría el sistema sedimentario del río por la extracción de áridos, perjudicando los canales de riego, estabilidad de los puentes y renovación de los suelos de la cuenca. Denuncian además irregularidades en la aprobación del proyecto cometidos por la empresa y los servicios públicos.

Estado del conflicto: Latente. El proyecto cumple con la normativa ambiental aplicable. La Organización Alto Maipo ha realizado una serie de acciones judiciales para revocar el permiso ambiental sin resultados positivos. En la actualidad uno de los problemas que enfrenta Alto Maipo es la negociación con los bancos acreedores para financiar un posible sobre costo. Otro flanco es el cambio que ha sufrido el mercado eléctrico, desde la concepción del proyecto hasta la fecha, como consecuencia de la irrupción de las generadoras de Energía Renovable No Convencional (ERNCC).

9.2.3.4 Impactos ambientales de los aerogeneradores

Las energías eólicas presentan conflictos que se asocian a la localización de los proyectos y afectan sitios de protección de la flora y fauna. Las aves con ciertas frecuencias chocan con las aspas de los aerogeneradores, y asimismo, el ruido también perjudica a la fauna.

Recuadro 9.4 Caso Parque Eólico Chiloé

Lugar de emplazamiento: Se encuentra en la Isla de Chiloé, Comuna de Ancud, zona de Mar Brava, sobre una superficie de 1.000 hectáreas aproximadamente

Comunidad: Comunidades indígenas, pescadores artesanales, sindicatos de productores y exportadores de machas, ONG ambientales y microempresarios del turismo

Descripción del proyecto: El proyecto Parque Eólico Chiloé consiste en la construcción y operación de 56 aerogeneradores de 2 MW. Adicionalmente, el proyecto contempla la construcción de caminos de servicio, líneas de transmisión subterránea y una subestación eléctrica. La operación permitirá generar 112 MW de energía.

Conflicto: Se critica la localización del proyecto y su posible impacto sobre el área protegida de Puñihuil, el riesgo de las aves migratorias, el ruido molesto a los pescadores artesanales y la migración de las ballenas. Representantes de los habitantes de Chiloé señalaron que el lugar en el que se emplazará el proyecto hay una gran concentración de especies, como aves migratorias en peligro de extinción. Señalan además que existen sitios arqueológicos, algunos de más de seis mil años de antigüedad, y tres comunidades indígenas huilliche y lafkenche aledañas a las cuales no se les consultó de forma adecuada.

Estado del conflicto: Latente. La comunidad interpuso acciones judiciales, de las cuales la empresa debió realizar un Estudio de Impacto Ambiental, con el proceso de participación correspondiente según lo estipulado en la Ley y en el Convenio de la OIT 169. La empresa presentó el estudio de impacto ambiental obteniendo la calificación ambiental el 2015. Como respuesta la comunidad continuó tomando acciones legales hasta que el año 2017 se dio la autorización para su construcción, validando la decisión del tribunal ambiental.

9.2.3.5 Impactos de otras actividades

Respecto a los conflictos asociados a las líneas de transmisión los principales son el proceso de participación ciudadana y consulta indígena, amenazas a los recursos naturales, daños de sitios con significado cultural, de costumbres y modos de vida. En cuanto a la energía geotérmica la causa de los conflictos reside en los impactos que estos generan sobre la flora y fauna, funcionamiento de acuíferos y la alteración de sitios de interés cultural. Finalmente, para el caso de las plantas solares la principal razón del conflicto es la poca intervención de los vecinos en el proceso de participación ciudadana.

9.3 POLÍTICAS PARA LA SUSTENTABILIDAD AMBIENTAL DE LA ENERGÍA

9.3.1 Política Energética 2050: Energía compatible con el medio ambiente

El Ministerio de Energía ha abordado el desafío de la sustentabilidad energética elaborando la política energética 2050 que fue diseñado a partir de la Evaluación Ambiental Estratégica que permitió identificar opciones estratégicas de desarrollo energético más sustentables e incorporar las temáticas ambientales y de sustentabilidad en todo el proceso de formulación de la política (CED, 2015). La hipotética relevancia de la sustentabilidad y medio ambiente en el desarrollo de la matriz energética se puede apreciar de forma concreta en el pilar 3 de la política: el cual plantea:

“La infraestructura energética genera bajos impactos ambientales, los que son primero evitados, mitigados y compensados, considerando el desarrollo energético y sus implicancias en ecosistemas aéreos, terrestres, marinos y de aguas continentales.”

“El sistema energético se destaca por ser bajo en emisiones de gases efecto invernadero y es un instrumento para impulsar y cumplir los acuerdos internacionales para un futuro climático seguro”.

9.3.2 Políticas específicas prioritarias

9.3.2.1 Políticas para la hidroelectricidad y su ordenamiento territorial

La Política 2050 en su lineamiento 22 ha definido la urgencia de promover un desarrollo hidroeléctrico sustentable. Para abordar este desafío es que el Ministerio de Energía ha liderado el desarrollo de diferentes iniciativas, entre ellas el “Estudio de estándares internacionales de sustentabilidad para la hidroelectricidad y posibilidades de implementación en Chile” desarrollado por la Universidad de Concepción el cual fue complementado con el trabajo realizado por la mesa Participativa de Sustentabilidad Hidroeléctrica, conformada por sociedad civil, industria hidroeléctrica y el sector público y la academia. Además del diseño de “Propuesta de principios y criterios para un documento de referencia de buenas prácticas en hidroelectricidad sustentable en Chile”. Como resultado de este último trabajo se elaboraron cinco principios con sus respectivos criterios del desarrollo hidroeléctrico sustentable. Estos principios son:

- i) Buena fe y responsabilidad en toda la estructura organizacional;
- ii) Gestión integral de impactos ambientales y sociales
- iii) Relacionamiento temprano, simétrico y permanente con las comunidades locales
- iv) Enfoque eco sistémico para la gestión ambiental
- v) Generación de valor en el territorio.

En cuanto a la integración con el territorio, se crearon instrumentos de planificación territorial denominados Planes Energéticos Regionales, los que se han aplicado en ocho regiones (Arica y Parinacota, Tarapacá, Antofagasta, Atacama, Coquimbo, Metropolitana, Biobío, Araucanía), entregando información pública e insumos oportunos para la planificación territorial. Además, se realizaron mapas de las cuencas para construir una visión integral de los territorios con potencial hidroeléctrico. Como resultado se dispone información sobre doce cuencas (Maule, Biobío, Toltén, Valdivia, Bueno, Puelo, Yelcho, Palena, Cisnes, Aysén, Baker y Pascua) comprendiendo de forma sistémica el territorio y entregando información necesaria para los procesos de planificación y decisiones locales en torno a la hidroelectricidad.

9.3.2.2 Políticas para termoelectricas

Chile ha suscrito en el Acuerdo París comprometiéndose a reducir las emisiones de dióxido de carbono (CO₂) por unidad de Producto Interno Bruto en 30% en 2030. Abordando este desafío se gestó el acuerdo entre el Gobierno de Chile y las empresas generadoras de energía eléctrica que utilizan carbón como combustible: AES Gener, Colbún, Enel y Engie, con el compromiso de estas empresas a “no iniciar nuevos desarrollos de proyectos a carbón que no cuenten con sistemas de captura y almacenamiento de carbono u otras tecnologías equivalentes”. Además, se creó un grupo multilateral de trabajo, conocido también como Mesa de Descarbonización, para analizar los elementos y condiciones que permitirían establecer un cronograma de cese programado y gradual de la operación de centrales a carbón que no cuenten con sistemas de captura y secuestro de carbono o tecnologías equivalentes.

La normativa asociada a las emisiones atmosféricas en la operación de las centrales abarca las Normas de Calidad Ambiental, Norma de Emisión para Centrales Termoelectricas (DS N° 13/2011 del Ministerio de Medio Ambiente), Planes de Descontaminación Atmosféricas, y Resoluciones de Calificación Ambiental. El año 2017 comenzó a aplicarse el impuesto a emisiones al aire establecido en la Ley 20.780, mediante el cual no sólo se gravan las emisiones de dióxido de carbono (CO₂), sino también las emisiones de material particulado (MP), óxidos de nitrógeno (NO_x) y dióxido de azufre (SO₂). Aproximadamente 135 millones de dólares (~70%) del primer pago de los impuestos asociado a emisiones de termoelectricas se explican por la operación de centrales termoelectricas a carbón y petcoke.

En cuanto a los impactos asociados al uso de agua, el Ministerio de Energía elaboró una serie de guías y estudios para evaluar el impacto ambiental de la termoelectricidad:

- Guía de buenas prácticas en el uso de agua para refrigeración de centrales termoelectricas, Ministerio de Energía, 2016
- Antecedentes Técnicos, Económicos, Normativos y Ambientales de Tecnologías de Centrales Termoelectricas y sus Sistemas de Captación”, Ministerio de Energía, 2014.
- “Propuesta de Regulación Ambiental para Sistemas de Refrigeración de Centrales Termoelectricas y otros Sectores que Succionan y Descargan Agua en sus Procesos Industriales”, Ministerio de Energía, 2015.

9.3.2.3 Políticas para las energías renovables

El desafío de avanzar hacia una matriz con más energías renovables ha conducido a varias iniciativas. En el año 2013 se publicó la Ley 20.698, que establece que en el año 2025, el 20% de la energía comercializada debe provenir de fuentes renovables no convencionales, e introduce mecanismos de licitación de bloques de ERNC para apoyar el cumplimiento de esta nueva meta. Durante el año 2012 y 2013 se puso a disposición del público una nueva versión del Explorador de Energía Eólica y del Explorador de Energía Solar, se incorporó un nuevo Explorador de Energía Marina con apoyo de la Armada de Chile y el Explorador de Bioenergía Forestal en conjunto con la Corporación Nacional Forestal

La política energética de Chile está dirigida por el Ministerio de Energía, institución relativamente reciente (2010). Desde la desregulación del mercado eléctrico el año 1982, hasta el año 2008 Chile no contaba con ningún tipo de política que estableciera lineamientos para el desarrollo energético en su integridad. El año 2008 se estipula, desde la Comisión Nacional de Energía, que en ese momento velaba por temas de energía, una primera política energética la que a su vez estableció la necesidad de conformar el Ministerio de Energía, y el año 2014 se definió la primera Agenda de Energía por 4 años. El mismo año 2014 se conforma el comité que redactó la primera política energética de largo plazo del país “Energía 2050” el primer diálogo entre actores para determinar los lineamientos mediante los siguientes pilares: (i) Seguridad y calidad del suministro, (ii) Energía como motor de desarrollo, (iii) Energía compatible con el medio ambiente, y (iv) Eficiencia y educación energética. Posteriormente, el año 2018 se publica una segunda agenda programática del Ministerio de Energía “Ruta Energética 2018 - 2022” que define los lineamientos del presente gobierno en 6 ejes temáticos y un eje transversal.

Pese a los avances de los últimos 10 años, Chile se encuentra atrás respecto a las políticas públicas de países desarrollados, en particular al comparar con países OCDE. En efecto instituciones internacionales han realizado diagnósticos de las políticas energéticas en Chile y han analizado tanto los avances como los temas pendientes. En particular la Agencia Internacional de Energía establece como recomendaciones clave: asegurar el progreso de las metas de mediano plazo de la política nacional Energía 2050 a través de acciones concretas e inmediatas, considerando incrementar el nivel de sustentabilidad y seguridad energética; fortalecer el rol proactivo del gobierno, incluyendo mejoras en la planificación y facultades de consulta de políticas energéticas y de inversión en energía, ampliando la cobertura sectorial y la coordinación interministerial; Asegurar que el diseño e infraestructura del mercado eléctrico facilitan la integración de energías renovables variables en el sistema eléctrico; y trabajar ambiciosamente en la limitación

de emisiones gases de efecto invernadero de origen energético y aprovechamiento del significativo potencial de eficiencia energética y energías renovables.

9.4 DESAFÍOS DE LA POBREZA ENERGÉTICA Y LA EFICIENCIA ENERGÉTICA

9.4.1 Pobreza energética

Un hogar se encuentra en situación de pobreza energética cuando no tiene acceso equitativo a servicios energéticos de alta calidad (adecuados, confiables, no contaminantes y seguros) para cubrir sus necesidades fundamentales y básicas, que permitan sostener el desarrollo humano y económico de sus miembros¹²

Si bien el consumo de energía residencial contribuye en un 15% a la demanda, sus efectos ambientales son un problema principal debido a la contaminación causada por la calefacción residencial. Aunque el origen de la contaminación es el consumo de leña húmeda para calefacción, el problema es muy complejo por las interacciones entre factores económicos y socio culturales.

En la zona sur del país el consumo de energía para calefacción puede alcanzar hasta un 80% en las regiones más frías, siendo la leña la fuente de energía más común, hasta un 90% de las preferencias de combustibles. En efecto, Chile es el segundo país con mayor consumo de leña per cápita en Latino América y el Caribe. Sin embargo, a diferencia de otros países donde el consumo de leña se asocia a la cocción de alimentos, en Chile la leña se utiliza a principalmente para calefacción en distintos niveles socioeconómicos y tanto rural como urbano. A su vez, el consumo de leña es la principal causa de la contaminación atmosférica, en particular de las normas para MP10 y MP2.5, excediendo estas últimas en más de 120 veces por año, con sus consecuencias en el aumento de infecciones respiratorias agudas, contando tasas de mortalidad anuales de más de 4000 personas por año a causa de enfermedades cardiopulmonares y más de 120000 visitas a salas de emergencias por episodios de bronquitis agudas en la población. (Ver capítulo 3: Bosques Nativos)

Actualmente, parte de la población chilena no tiene acceso a alternativas de calefacción que sean sustentables y adecuadas, por lo que se ven en la necesidad de utilizar principalmente leña húmeda. En este problema se interrelacionan otros factores como la aislación térmica de la vivienda, la calidad de los combustibles a los que la población tiene acceso, (siendo la leña hasta 5 veces más barata que otras alternativas) y la eficiencia de las tecnologías de calefacción.

La primera norma térmica se implementó el año 2000, sin embargo consideraba únicamente elementos básicos de aislación térmica de techos y en el año 2007 se sumaron aspectos de aislación de muros, suelo y ventanas. Por esta razón las viviendas construidas hasta el año 2000 no cuentan con ningún tipo de reglamentación térmica, e incluso las viviendas construidas entre el año 2000 y 2007 tienen bajos índices de eficiencia energética. Como consecuencia hoy el 80% de las viviendas se puede considerar ineficiente, con consumos de energía de hasta 6 veces los de países con climas similares.

9.4.2 Eficiencia energética

Los primeros esfuerzos por mejorar la eficiencia energética se dan el año 2004 en el contexto de crisis de gas natural, momento en el cual se conforma el Programa País de Eficiencia Energética consolidándose posteriormente en la creación de una Agencia Chilena de Eficiencia Energética, llamada Agencia de Sostenibilidad Energética desde el año 2019.

Pese a los avances la eficiencia energética sigue sin consolidarse en el país, lo que se evidencia por la falta de políticas públicas. Si bien destacan esfuerzos regulatorios como la implementación de etiquetados de artefactos y establecimiento de estándares de mínimo desempeño, aún queda un amplio camino que recorrer y así lo indican revisiones internacionales de éstas.

En relación a la institucionalidad, aunque la creación de la Agencia Chilena de Eficiencia Energética el año 2011 significó un avance, existen diversos cuestionamientos a su naturaleza privada y la falta de recursos que garanticen su operación como principal referente técnico en la implementación de un plan de acción de eficiencia energética. La actual reformulación hacia una Agencia de Sostenibilidad Energética significa un riesgo de debilitar las acciones de eficiencia energética ante la priorización de otras acciones de fomento de energías renovables y de electro-movilidad. Por su parte, si bien el año 2013 se definieron metas de ahorro energético, estas no se han consolidado en políticas energéticas publicadas posteriormente a esa fecha, y no se han definido con claridad procesos de monitoreo, evaluación y seguimiento de estas metas.

En relación al marco regulatorio, el año 2019 ha sido aprobada una Ley de Eficiencia Energética. Si bien esto significará un paso

12 Red de Pobreza Energética 2019.

relevante en la mejora del uso eficiente de los recursos energéticos, el diseño de mecanismos e instrumentos de financiamiento sigue siendo un tema pendiente, según figura además en las recomendaciones de la Agencia Internacional de Energía, la que propone el establecimiento de políticas obligatorias y mecanismos basados en el mercado para mejorar la eficiencia energética a través de las empresas de distribución de energía.

La mejora de la eficiencia energética en el sector industrial y minero es crítica para alcanzar metas de ahorro, ya que es el sector de mayor consumo de energía en Chile con un 39% de la demanda, caracterizado por la Primera Encuesta Nacional de Eficiencia Energética, la cual muestra que, si bien un 78% de las empresas del sector declara que han realizado al menos una acción de eficiencia energética en sus instalaciones, solamente un 32% ha realizado acciones que impliquen ahorros directos de energía en sus procesos principales. .

9.5 DESAFÍOS FRENTE AL CAMBIO CLIMÁTICO

9.5.1 Transición energética en Chile

La transición energética, el cambio estructural del sistema hacia uno seguro, asequible y sustentable, es un factor clave para alcanzar objetivos de desarrollo ambientalmente sustentable y en particular para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI). En efecto proyecciones indican que un escenario de aumento de 1,5°C de la temperatura del planeta se logra reduciendo en un 66% las emisiones de gases de efecto invernadero a través de acciones de reducción de la demanda de energía a través de eficiencia energética (aportando un 35% en el total de reducción de GEI), sustitución fuentes de energía por alternativas renovables (aportando en un 37% en el total de reducción de GEI), cambio de combustibles, energía nuclear, estrategias de captura y almacenamiento de carbono, entre otros. Por lo que la eficiencia energética y las energías renovables se posicionan como los principales ejes de acción en el ámbito de políticas energéticas para la sustentabilidad.

El aporte del sector energía a las emisiones de Gases de Efecto Invernadero corresponde a un 77,4% del total de las emisiones contabilizadas en el país. Chile ratificó el acuerdo de París en Enero del 2017, con la meta de reducir al año 2030 en un 30% los niveles de emisiones en relación a los del año 2007. El consejo de Ministros para la sustentabilidad adoptó en noviembre del 2017 el “Plan de Mitigación para el Sector Energético”, el cual establece 4 conjuntos de medidas en: (i) Generación de electricidad, (ii) Comercial, Público y residencial, (iii) Transporte, y (iv) Industria y Minería, alineados con las metas a mediano y largo plazo de la política Energía 2050 cada uno de los cuales establece metas. Con respecto a la reducción de emisiones del país, el país no cuenta con un marco jurídico que permita asignar responsabilidades de reducción de emisión, o exigir implementación y reporte de medidas de mitigación de GEI y adaptación a impactos de cambio climático¹³.

En el país hay que considerar que las centrales termoeléctricas son las responsables de un cuarto de las emisiones totales del país de dos contaminantes relevante: 23% de las emisiones de óxidos de nitrógeno (NO₂) y el 27% de las emisiones de dióxido de azufre. Las políticas debieran privilegiar los esfuerzos de reducción de ellas

Por otra parte, Chile tiene un gran potencial de fuentes de energía renovables, siendo la radiación en la zona norte del país privilegiada en relación al resto del mundo, con radiaciones entre los 5 y 7,5 kWh/m²/día en la zona norte del país y de entre 4 y 5 kWh/m²/día en la zona sur. En la Política Energía 2050 se establecen metas participación de energías renovables de un 70% al 2050. Además Chile ha acogido el Acuerdo de París, con una reducción de un 30% en la intensidad de emisiones de gases de efecto invernadero por PIB en relación al año 2007, de las cuales un 77,4% se origina en el uso energético de combustibles fósiles. A partir de esto la Ruta Energética 2018 – 2022 compromete el inicio de un proceso de descarbonización de la matriz energética a través del retiro o reconversión de centrales a carbón y promoción de la electromovilidad.

9.5.2 El aporte del transporte y la electromovilidad

El transporte tiene el 36% del consumo nacional de energía. El mayor consumo de energía del sector transporte es el generado por el subsector caminero, con el 82% del total. El sector aéreo representa el 10%, mientras el marítimo y ferroviario representan el 7 y el 1% respectivamente. A su vez el uso de combustibles fósiles es más del 99% del suministro energético de este sector, originando un 22% del total de emisiones de gases de efecto invernadero del país. El transporte es la fuente responsable del 39% de las emisiones de MP_{2,5} en el Gran Santiago, y del 85% de las emisiones de NO_x en la misma zona. En consecuencia, el uso de combustibles para transporte es un agente relevante en la generación de emisiones de cambio climático, y de contaminación atmosférica.

Dado lo anterior, la descarbonización del transporte ha cobrado relevancia como objetivo del desarrollo ambientalmente sustentable por lo que la institucionalidad pública apunta ahora a la mejora del desempeño energético del parque vehicular en su totalidad, y en particular al fomento a la electromovilidad, la que se espera vaya de la mano con la integración de energías renovables en la matriz eléctrica. El incipiente crecimiento en la entrada de vehículos eléctricos se evidencia en las ventas de éstos en los últimos años, con una venta de 22 vehículos al año 2016 la que aumenta más de un 790% con una venta de 197 vehículos el año 2018. Así mismo los vehículos híbridos van en crecimiento y superando a los vehículos eléctricos. Por su parte, a partir del año 2018 se ha intensificado el cambio de buses del transporte público de Santiago a buses eléctricos, comenzando con 203 buses ese año, a los que se sumarán 200 buses el año 2019, de forma que los buses eléctricos llegarán a conformar un 6% de los buses del transporte público metropolitano. En línea con lo anterior, se estableció la Estrategia Nacional de Electromovilidad, la que establece metas para la penetración de vehículos eléctricos en el parque con una participación 40% en el parque de vehículos particulares al año 2050. Se establecen en el documento 5 ejes estratégicos:

9.6 BIBLIOGRAFÍA

- Banco Mundial. (Agosto de 2019). Obtenido de datos.bancomundial.org
- Central Energía. (Agosto de 2019). Central Energía. Obtenido de www.centralenergia.cl
- Centro de Estudios del desarrollo (CED). (2015). Informe Ambiental Evaluación Ambiental Estratégica de la Política Energética de Chile al 2050.
- Comisión Nacional de Energía (CNE). (Agosto de 2019). Plataforma Energía Abierta. Obtenido de Balance Energético Nacional 2007: <http://www.energiabierta.cl>
- Comisión Nacional de Energía (CNE). (Agosto de 2019). Plataforma Energía Abierta. Obtenido de Balance Energético Nacional 2017: <http://www.energiabierta.cl>
- Comisión Nacional de Energía (CNE). (Agosto de 2019). Capacidad instalada de generación 2018. Obtenido de <http://www.cne.cl>
- Comisión Nacional de Energía (CNE). (Agosto de 2019). Anuario Estadístico de Energía 2018. Obtenido de <http://www.cne.cl>
- Comisión Nacional de Energía (CNE). (Agosto de 2019). Plataforma Energía Abierta. Obtenido de Balance Energético Nacional 1997: <http://www.energiabierta.cl>
- Consejo Nacional de Innovación para el Desarrollo (CNID). (2017). Evaluación de los conflictos socio-ambientales de proyectos de gran tamaño con foco en agua y energía para el período 1998 al 2015.
- Coordinador Eléctrico Nacional. (Agosto de 2019). Coordinador eléctrico. Obtenido de <http://coordinador.cl/sistema-electrico>
- Corporación de desarrollo tecnológico (CDT). (2015). Medición del consumo nacional de leña y otros combustibles sólidos derivados de la madera. .
- Empresa Nacional de Petróleo (ENAP). (Agosto de 2019). Empresa Nacional de Petróleo (ENAP).
- Enerdata. (2019). Global Statistical yearbook 2019.
- Instituto Nacional de Derechos Humanos (INDH). (2018). Mapa de conflictos socio ambiental. Obtenido de <https://mapaconFLICTOS.indh.cl/#/>.
- International Energy Agency. (2018). Energy policies beyond IEA Countries. Chile.
- KAS Ingeniería. (2019). Estudios Prospectivo escenario de descarbonización eléctrica al 2030.
- Ministerio de Energía. (2014). Antecedentes Técnicos, Económicos, Normativos y Ambientales de Tecnologías de Centrales Termoeléctricas y sus Sistemas de Captación.
- Ministerio de Energía. (2014). Energías Renovables en Chile, el potencial eólico, solar e hidroeléctrico de Arica a Chiloé.
- Ministerio de Energía. (2014). Estudio de antecedentes técnicos, económicos, normativos y ambientales de tecnologías de centrales termoeléctricas y sus sistemas de refrigeración.
- Ministerio de Energía. (2015). Energía 2050 Política energética de Chile.
- Ministerio de Energía. (2015). Estudio de Estándares internacionales de sustentabilidad para la hidroelectricidad y posibilidades de implementación en Chile.
- Ministerio de Energía. (2015). Guía para la elaboración de Planes Energéticos Regionales Estructura y Contenidos División de Desarrollo Sustentable Ministerio de Energía.
- Ministerio de Energía. (2015). Propuesta de Regulación Ambiental para Sistemas de Refrigeración de Centrales Termoeléctricas y otros Sectores que Succionan y Descargan Agua en sus Procesos Industriales.
- Ministerio de Energía. (2016). Guía de buenas prácticas en el uso de agua para refrigeración de centrales termoeléctricas.
- Ministerio de Energía. (2017). Estrategia de Electromovilidad.
- Ministerio de Energía. (2017). Flexibilidad de operación de centrales termoeléctricas chilenas con los instrumentos de gestión ambiental vigentes.
- Ministerio de Energía. (2017). Plan de mitigación de gases de efecto invernadero para el sector de energía.
- Ministerio de Energía. (2017). Propuesta de principios y criterios para un documento de referencia de buenas prácticas en hidroelectricidad sustentable en Chile".
- Ministerio de Energía. (2018). Estudio de variables ambientales y sociales que deben abordarse para el cierre o reconversión programada y gradual de generación eléctrica a carbón.
- Ministerio de Energía. (2018). Ruta Energética 2018 – 2022. Liderando la modernización con sello ciudadano.
- Ministerio de Medio Ambiente. (2018). La vía medioambiental desafíos y proyecciones para un Chile futuro.
- Ministerio del Medio Ambiente. (2017). Estudio del inventario nacional de gases efecto invernadero de Chile.
- Ministerio del Medio Ambiente. (2018). Cuarto Reporte del estado del medio ambiente. .
- Molina, C., Toro, R., Morales, R., Manzano, C., & Leiva-Guzman, M. (2017). Particulate matter in urban areas of south-central Chile exceeds air quality standards. *Air Qual Atmos Health*, 653–667.
- Red de Pobreza Energética. (2019). Acceso equitativo a energía de calidad en Chile: hacia un indicador territorializado y tridimensional de pobreza energética.
- Reyes, R., Nelson, H., Navarro, F., & Retes, C. (2015). The firewood dilemma: Human health in a broader context of well-being in Chile. *Energy for Sustainable Development*, 75-87.
- Reyes, R., Schueftan, A., Ruiz, C., & González, A. (2019). Controlling air pollution in a context of high energy poverty levels in southern Chile: Clean air but colder houses? *Energy Policy*, 301-311.
- Servicio Agrícola y Ganadero. (2015). Guía para la evaluación del impacto ambiental de proyectos eólicos y de líneas de transmisión eléctrica en aves silvestres y murciélagos.

- Servicio de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA). (2011). Guía para la Evaluación de Impacto Ambiental de Centrales de Energía hidroeléctrica de potencia menos 20 MW.
- Servicio de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA). (2012). Guía para la Evaluación de Impacto Ambiental de Centrales Eólicas de Generación de Energía Eléctrica.
- Servicio de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA). (2012). Guía para la Evaluación de Impacto Ambiental de Centrales Geotérmicas de Generación de Energía Eléctrica.
- Servicio de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA). (2017). Guía para la descripción de proyectos de centrales solares de generación de energía eléctrica.
- Urquiza, A., Billi, M., & Amigo, C. (2017). Energy Poverty in Middle-development countries: an interdisciplinary science-policy dialogue from Chile. Conference Paper No. 283 - 2017 Lund Conference on Earth System Governance . Lund, Sweden.



TERCERA PARTE

INFORME PAÍS ESTADO DEL MEDIO AMBIENTE EN CHILE
2018

Institucionalidad y Gestión Ambiental

TERCERA PARTE



INFORME PAÍS ESTADO DEL MEDIO AMBIENTE EN CHILE
2018

INTRODUCCIÓN

Esta Tercera Parte del Informe País 2019, a diferencia de los informes anteriores que pretendían abarcar la totalidad del sistema de gestión ambiental, se limita al abordaje de capítulos destacados de la gestión pública ambiental que, además de afectar a los grandes temas que se tratan en este informe, han experimentado una notable evolución en los últimos años, particularmente a partir de la instalación de la nueva institucionalidad ambiental creada en el año 2010.

La gestión ambiental se ha venido expandiendo significativamente tanto en el ámbito público, además de la institucionalidad propiamente ambiental, donde los ministerios sectoriales y servicios asociados y los municipios han debido internalizar la temática ambiental en sus organigramas institucionales y funciones, como en el ámbito privado de las empresas y grandes corporaciones que han debido enfrentar una presión creciente, no sólo desde el marco regulatorio sino, también, desde las comunidades donde se localizan sus operaciones y desde los consumidores de sus productos, principalmente del mercado internacional, cada vez más ambientalmente conscientes.

Los capítulos de esta Tercera Parte, además de una introducción a la institucionalidad ambiental, se centran en el sistema de evaluación ambiental, en la fiscalización ambiental y en la justicia ambiental, ámbitos destacados de la gestión ambiental en esta segunda década del siglo XXI.

El enfoque central, especialmente con relación a las instituciones, es descriptivo pero, en el caso de los instrumentos, es más analítico en el sentido que intenta presentar una amplia gama de resultados operacionales asociados a la evaluación de impacto ambiental, a la fiscalización y a la justicia ambiental, así como a temas conexos. También se ha procurado incorporar algunos análisis críticos y enfatizar ciertos aspectos de los sistemas presentados que merecen mayor análisis. La mayor parte de la información que entrega esta Tercera Parte está actualizada a 2019.

1. MARCO CONSTITUCIONAL Y LEGAL

1.1 PRECEDENTES INSTITUCIONALES

Aún reconociendo la vigencia de una preocupación más temprana por lo ambiental, particularmente desde las organizaciones ciudadanas y la academia, en rigor, es en la década de los '80 cuando surgen iniciativas institucionales que luego serían perfeccionadas en los años '90 y afinadas en el siglo XXI.

Un hito significativo fue la instalación de las bases jurídicas de la protección del medio ambiente en la Constitución de la República de 1980 que consagra, en su artículo 19, No 8, el derecho de las personas a vivir en un ambiente libre de contaminación siendo deber del Estado velar por el cumplimiento de esta disposición. Al mismo tiempo, en su inciso segundo, se establece que por medio de una ley se podrán imponer restricciones específicas al ejercicio de las demás garantías para lograr ese objetivo. En concordancia con lo expresado, el inciso segundo del artículo 20 de la misma Constitución regula especialmente el recurso de protección para garantizar este derecho, estableciendo que procede cuando ese derecho sea afectado por actos u omisiones ilegales de una persona o autoridad determinada. Por otra parte, en el artículo 19, No 24, inciso segundo, la Constitución establece que la conservación del patrimonio ambiental es una de las funciones sociales de la propiedad.

También en los '80 comienza a desarrollarse el marco institucional para una gestión ambiental explícita con la promulgación, en 1984, de dos decretos supremos, el No. 271 de junio de ese año que establece la Comisión Interministerial de Ecología cuyo objetivo era proponer al Presidente de la República “la creación de un organismo o sistema nacional de medio ambiente que formule, unifique, desarrolle e implemente las políticas que el supremo gobierno estime convenientes para la protección del medio ambiente y la racional utilización de los recursos naturales renovables” y el No. 680 de noviembre que crea la Comisión Nacional de Ecología, también de carácter interministerial, con el objetivo de “asesorar al Presidente de la República en las acciones generales de Gobierno vinculadas a la protección del medio ambiente y a la conservación de los recursos naturales renovables”. Ambos decretos no tuvieron mayores frutos ya que, ni había una institucionalidad respaldándolas ni había la decisión política de realizar algún seguimiento a la dinámica que se estaba dando en esos años, particularmente en el ámbito internacional y de brindar algún apoyo técnico reactivo frente a denuncias originadas en la sociedad civil.

En los años '90 se empiezan a producir cambios debido a una emergente preocupación ciudadana por el deterioro ambiental y de la presión internacional, sea asociada a la cooperación para el desarrollo, sea a las exigencias de los mercados de los países industriales; probablemente contribuyó también una mayor apertura asociada al advenimiento de la democracia. En 1990 se creó la Comisión Especial de Descontaminación de la Región Metropolitana que representó un paso significativo en el proceso de gestión ambiental, y se reemplazó la Comisión Nacional de Ecología de 1984 por la Comisión Nacional del Medio Ambiente (CONAMA) (DS No 240/90), encargándosele el “estudio, propuesta, análisis y evaluación de todas aquellas materias relacionadas con la protección y conservación del medio ambiente”, ambas de carácter interministerial.

Con la creación de la CONAMA, que representa la voluntad política de asumir la problemática ambiental desde el Estado, comienza a institucionalizarse la gestión ambiental en Chile. En cuanto a lo legal, se realiza un completo inventario de la dispersa y enorme cantidad de normas jurídicas vigentes con relevancia ambiental del país y, la iniciativa de mayor proyección hasta el momento, se inicia la tramitación en el Congreso Nacional de la Ley General de Bases del Medio Ambiente, la Ley 19.300 (Ley de Medio Ambiente o LGBMA en lo sucesivo) (Asenjo, 2006), promulgada en 1994. De este modo se adoptó formalmente una noción de sistema de gestión ambiental en el país conformado por la suma de las competencias ambientales de las diversas carteras sectoriales, coordinadas por la CONAMA cuyo rol, en cuanto a la ejecución de políticas, se desarrolla en los límites que marcan las potestades del resto de los sectores.

Las expresiones jurídico-institucionales de la gestión ambiental en Chile han venido evolucionando a un ritmo creciente desde entonces. Sin embargo, es importante tener presente que el marco jurídico-institucional relativo a la gestión de los recursos naturales se inició mucho antes, aunque desde perspectivas más bien productivistas, en el ámbito de los ministerios sectoriales en un proceso relativamente lento de aproximación a la perspectiva holística que brinda el concepto de medio ambiente humano y a la noción de gestión ambiental.

Cabe recordar entre estos antecedentes que la única expresión de política ambiental explícitamente declarada como tal, es la representada por el documento de política aprobado por el Consejo Directivo de la CONAMA en 1998¹. La política ambiental definida descansaba en un conjunto de fundamentos y principios; establecía que su objetivo general era promover la sustentabilidad ambiental del proceso de desarrollo con miras a mejorar la calidad de vida de los ciudadanos y de las generaciones futuras. Consideraba a la gestión ambiental como una función eminentemente pública, de responsabilidad individual y colectiva, que requería del compromiso

1 “Una política ambiental para el desarrollo sustentable”, CONAMA (1998).

y la participación de toda la sociedad civil. Se planteaba objetivos específicos de política y una agenda ambiental que incluía compromisos y tareas prioritarias para cada uno de los objetivos propuestos. En paralelo a la Política Ambiental de 1998, se formularon políticas ambientales regionales pero éstas, así como la política nacional, no tuvieron relevancia alguna. En general, desde entonces, la gestión ambiental ha descansado en políticas ambientales implícitas, no declaradas como tales pero manifiestas en diversos instrumentos oficiales (políticas ambientales sectoriales, agendas, mensajes presidenciales, proyectos de ley, etc.).²

A partir del año 2010, al modificarse sustancialmente la ley 19.300 (Ley 20.417), se crea una nueva institucionalidad ambiental que sigue vigente hasta la fecha con modificaciones legales no estructurales que han ido perfeccionando la LGBMA y las instituciones.

1.2. Institucionalidad ambiental

La institucionalidad ambiental vigente es la definida por la Ley 20.417, publicada en enero 2010, cuyo proceso de gestación se inicia varios años antes como consecuencia de la creciente demanda por una gestión ambiental con mayores niveles de eficacia y eficiencia, de su cada vez mayor cobertura y de la evidencia de las dificultades propias del modelo transversal y coordinador de la Ley No 19.300, inserto en una estructura de administración pública eminentemente vertical que, además, concentraba las principales funciones de gestión ambiental en un solo organismo. El nuevo modelo institucional distingue las competencias de política y regulación de las de gestión y de fiscalización con el Ministerio de Medio Ambiente, a cargo de la política y la regulación, el Servicio de Evaluación Ambiental, encargado de la administración del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental y la Superintendencia de Medio Ambiente, con la misión de fiscalizar el cumplimiento de cuatro instrumentos de gestión ambiental centrales: (a) resoluciones de calificación ambiental, (b) planes de prevención y/o descontaminación, (c) normas ambientales y (d) planes de manejo. La nueva institucionalidad incorpora un Consejo de Ministros para la Sustentabilidad y se completa, a través de la ley 20.600, con los tribunales ambientales.

Influyó significativamente en la creación de la nueva institucionalidad, la evaluación del desempeño ambiental exigida por la Organización para la Cooperación Económica (OCDE)³ que, respecto al periodo 1990-2004, concluía que, si bien Chile había fortalecido sus instituciones ambientales sobre la base de un modelo de coordinación ambiental multisectorial, además de intensificar sus iniciativas ambientales relativas a aire, agua, residuos, y gestión de la diversidad biológica, era necesario emprender iniciativas – presentadas como recomendaciones al Gobierno de Chile – entre las que se destacaba “desarrollar y fortalecer las instituciones ambientales en los ámbitos nacional y regional” y el fortalecimiento de “la capacidad de cumplimiento y fiscalización, incluso mediante reformas institucionales, como por ejemplo, el establecimiento de un órgano de inspección ambiental” entre otros temas ((Informe País, 2008; SMA, 2016).

La nueva institucionalidad posiciona el tema medioambiental en una nueva perspectiva; si bien, la creación de la CONAMA fue un gran avance en cuanto se comenzaron a priorizar los temas medio ambientales, es con la creación del Ministerio y sus órganos y las funciones que deben ejecutar que se valida políticamente la importancia del medio ambiente, tanto desde una perspectiva de prevención como desde una lógica correctiva (fiscalizadora y sancionadora). Cada acción de cualquier ministerio y servicio de la Administración del Estado, que tenga relación con lo ambiental, queda cubierto por la nueva institucionalidad. La figura 1.1 brinda una visión de la actual institucionalidad ambiental vigente que se describe en el siguiente apartado de este informe.

2 A nivel regional, se destaca el caso de la región de Coquimbo, que adoptara formalmente una política ambiental regional en 2016 producto de un largo proceso que se inicia en 2014 y que incluye un procedimiento de consulta ciudadana en el marco de la norma sobre participación ciudadana del MMA (2015). Ha habido también declaraciones comunales de política ambiental como en el caso de Chillán (2010).

3 La evaluación del desempeño ambiental fue uno de los requisitos de la OCDE para aprobar la admisión de Chile a la organización. La OCDE fue fundada en 1961 con la misión de promover políticas que mejoren el bienestar económico y social de las personas alrededor del mundo; agrupa, a la fecha, a 36 países, casi todos ellos desarrollados. En línea <https://www.oecd.org/centrodemexico/laocde/>, agosto, 2019.

Figura 1.1: Síntesis de la institucionalidad ambiental vigente



FUENTE: FUENTE: MMA, en línea, <https://mma.gob.cl/estructura-organizacional/>, agosto 2019

1.2.1. Ministerio de Medio Ambiente

La LBGMA establece, en su artículo 74 que la organización del Ministerio será la siguiente⁴:

- El Ministro del Medio Ambiente.
- El Subsecretario.
- Las Secretarías Regionales Ministeriales del Medio Ambiente.
- El Consejo Consultivo Nacional y los Consejos Consultivos Regionales.

Misión y visión

Se le define como “el órgano del Estado encargado de colaborar con el Presidente de la República en el diseño y aplicación de políticas, planes y programas en materia ambiental, así como en la protección y conservación de la diversidad biológica y de los recursos naturales renovables e hídricos, promoviendo el desarrollo sustentable, la integridad de la política ambiental y su regulación normativa.” Su visión “es alcanzar el desarrollo sustentable para el país con el objeto de mejorar la calidad de vida de los chilenos, tanto de esta generación como de futuras” y, su misión, “liderar el desarrollo sustentable, a través de la generación de políticas públicas y regulaciones eficientes, promoviendo buenas prácticas y mejorando la educación ambiental ciudadana.”⁵

Estructura operativa

Sin perjuicio de las instancias que se relacionan directamente con la Ministro y que se abordarán más abajo, el Ministerio, de acuerdo con el organigrama presentado en el portal internet del MMA⁶, se estructura, en oficinas, divisiones, a su vez subdivididas en departamentos, y secretarías regionales ministeriales (SEREMI), una en cada región. En el cuadro 1.1 se listan oficinas y divisiones.

Cuadro 1.1 Estructura del Ministerio de Medio Ambiente, primer nivel

Oficinas	Divisiones
• Auditoría interna • Planificación, presupuesto y control de gestión • Asuntos internacionales • Cambio Climático • Comunicaciones y prensa • Implementación Legislativa y Economía Circular • Evaluación Ambiental	• Recursos naturales y biodiversidad • Información y economía ambiental • Educación ambiental y participación ciudadana • Jurídica • Administración y finanzas • Calidad del aire y cambio climático
FUENTE: Organigrama del Ministerio de Medio Ambiente. En línea, https://mma.gob.cl/estructura-organizacional/. Agosto 2019	

4 La Ley 19.300 modificada por la Ley 20.417 (2010).

5 MMA, en línea, <https://mma.gob.cl/estructura-organizacional/>, agosto 2019.

6 Organigrama detallado del MMA en https://mma.gob.cl/wp-content/uploads/2019/05/ORGANIGRAMA-SUBMMA_30-05-2019.pdf.

Funciones y áreas de trabajo

La Ley de Medio Ambiente asigna al Ministerio 26 funciones específicas (artículo 70 de la LBGMA) que cubren una amplia gama de asuntos, en rigor, todo tema que tenga relación con los más variados aspectos que se integran en la noción de medio ambiente, independientemente que sean materia específica de otros ministerios. Estas funciones suponen algún tipo de injerencia, de mayor o menor grado, del MMA en temas como las áreas protegidas del Estado y de propiedad privada, las áreas marinas costeras protegidas de múltiples usos, las convenciones internacionales, en las definiciones ambientales en el ámbito de los ministerios sectoriales, en la gestión de los recursos naturales renovables e hídricos, en materia de residuos y suelos contaminados, en los riesgos asociados a productos químicos y otras sustancias y a organismos genéticamente modificados, en el cambio climático y en la biodiversidad, entre muchos otros. Sin embargo, el esfuerzo operativo del MMA se focaliza en nueve áreas de trabajo que ordenan las actividades asignadas a las oficinas y divisiones definidas y que se presentan a continuación⁷.

Aire: Está bajo la División de Calidad del Aire y Cambio Climático. Incorpora, además de la calidad del aire propiamente tal y de las emisiones de gases de efecto invernadero y la adaptación al cambio climático, el ruido ambiental, la contaminación lumínica y la contaminación por olores. Entre los instrumentos correspondientes al área se cuentan las normas de calidad del aire y de emisión; los planes de prevención y descontaminación atmosférica; el Programa Aire Chile orientado a los pronósticos de calidad del aire y el Sistema de Información de Calidad del Aire; la Red Meteorológica para Calidad del Aire Región Metropolitana en convenio con la Dirección Meteorológica de Chile, y el Programa de Calefacción Sustentable y registros de calefactores y vendedores de leña.

Biodiversidad: Bajo la División de Recursos Naturales y Biodiversidad que cubre la conservación de la biodiversidad y la protección, conservación, uso sustentable y manejo de los recursos naturales, tanto terrestres como de aguas continentales y marinas, incluyendo la clasificación de especies y la gestión de especies exóticas invasoras. Instrumentos destacados son la Estrategia Nacional de Biodiversidad; los planes de recuperación, conservación y gestión de especies y el Inventario Nacional de Especies; el Registro Nacional de Áreas Protegidas; la restauración ecológica asociada al Comité Nacional de Restauración Ecológica; la Ruta para la Conservación Marina impulsada por un grupo de trabajo colaborativo, y el Servicio de Biodiversidad y Áreas Protegidas (la ley que lo crea está todavía en trámite constitucional en el Congreso Nacional). En el espacio del área de biodiversidad funcionan el Nodo Nacional de Información sobre Biodiversidad del Fondo Mundial de Información sobre Biodiversidad (Global Biodiversity Information Facility – GBIF) y la contraparte del Fondo para el Medio Ambiente Mundial (Global Environmental Facility – GEF) en la gestión de proyectos sobre biodiversidad.

Cambio climático: El área se relaciona con la Oficina de Cambio Climático y la División de Calidad del Aire y Cambio Climático. Incorpora la Unidad Ozono que se ocupa del control de las sustancias agotadoras de la capa de ozono incluido un sistema de subsidio a la certificación de técnicos del sector refrigeración y aire acondicionado; el proyecto MAPS-Chile, “Opciones de mitigación para enfrentar el cambio climático” (Mitigation Action Plans and Scenarios) conducido por un Comité Directivo Interministerial, y el Sistema Nacional de Inventarios de Gases de Efecto Invernadero de Chile (SNICHILE). Instrumentos principales son el Plan Nacional y los Planes Sectoriales de Adaptación al Cambio Climático y los Comités Regionales de Cambio Climático para la acción climática en regiones. Finalmente, se menciona el anteproyecto de Ley Marco de Cambio Climático que fuera sometido a consulta pública⁸.

Información y economía ambiental: La responsabilidad sobre el área recae en la División de Información y Economía Ambiental. Incorpora el análisis técnico y económico de normas ambientales, el diseño de instrumentos económicos para la gestión ambiental y la elaboración de cuentas ambientales, y debe generar información ambiental para la formulación, diseño, evaluación e implementación eficiente de políticas públicas e instrumentos de gestión, todas tareas contempladas en la LBGMA. El área cubre, también, la elaboración de indicadores ambientales e informes sobre el estado del medio ambiente, y trabaja en la incorporación del concepto de servicios ecosistémicos en la elaboración de las políticas públicas ambientales nacionales. Entre los instrumentos centrales del área se destacan el Sistema de Información Ambiental (SINIA), el Registro de Emisiones y Transferencias Contaminantes (RETC) y el portal de ventanilla única asociado; el Programa de Consumo y Producción Sustentable, el nodo del MMA del Sistema de Infraestructura de Datos Geoespaciales (IDE) y el Comité de Consumo y Producción Sustentables encargado de elaborar el Programa Nacional de Consumo y Producción Sustentables.

Evaluación ambiental estratégica: No obstante un instrumento nuevo orientado a la evaluación de políticas, planes, instrumentos de planificación territorial, zonificaciones del borde costero e instrumentos de ordenamiento territorial, entre otros, el Ministerio la ha incorporado como una de las nueve áreas de trabajo definidas. El área queda bajo la Oficina de Evaluación Ambiental del MMA. Un instrumento asociado es el Sistema de Información Electrónico destinado a la consulta y seguimiento del procedimiento de Evaluación Ambiental Estratégica.

7 En línea, <https://mma.gob.cl/>, enlace con “Áreas de trabajo”, complementando con otros enlaces y páginas internet del MMA. Agosto 2019.

8 La consulta pública fue realizada entre el 18 de junio y el 31 de julio de 2019. Véase http://consultaciudadanas.mma.gob.cl/mma-epac/app/home_ciudadano?execution=e1s2.

Educación ambiental: El área, inserta en la División de Educación Ambiental y Participación Ciudadana cubre variadas actividades asociadas a los diversos instrumentos que se indican a continuación: Academia de Formación Ambiental Adriana Hoffman, Red de Centros de Educación Ambiental, Programa Escuelas Sustentables para la Certificación Ambiental de Establecimientos Educacionales (Sistema Nacional de Certificación Ambiental de Establecimientos Educativos (SNCAE), Sistema de Certificación Ambiental Municipal, Programa Forjadores Ambientales que procura fomentar la corresponsabilidad ciudadana en la solución de los problemas ambientales, Programa de Acreditación Estado Verde orientado a incorporar buenas prácticas ambientales en los órganos del Estado, Fondo de Protección Ambiental concursable (FPE) para apoyar iniciativas ciudadanas ambientales y Programa para la Recuperación Ambiental y Social (PRAS) que busca el diálogo entre actores del Estado, la ciudadanía y la industria en territorios que presentan problemas socio-ambientales. El área de educación ambiental cuenta con un portal con enlaces a todos los programas listados⁹.

Economía circular: Área orientada a reducir el impacto ambiental producido por la generación de residuos; su objetivo es provocar un cambio desde los sistemas lineales de producción, negocios y consumo hacia un sistema circular incorporando el eco diseño, la reutilización, reciclaje y valorización. Incorpora varios programas como Chile Recicla y Santiago Recicla y las iniciativas “Chao bolsas plásticas”, “Chao bombillas” y “Chao colillas”, y los programa Reciclo Orgánicos, en el marco de la cooperación Canadá-Chile, y Gestión de Residuos de la Construcción y la Demolición, en el marco de la iniciativa multisectorial Estrategia Sustentable RCD. Un instrumento destacado es la Ley de Responsabilidad Extendida del Productor (REP), que establece un marco para la gestión de residuos y el fomento del reciclaje a la que está asociado el Fondo para el Reciclaje destinado a municipalidades y asociaciones de municipalidades.

Asuntos internacionales: Cubre todas las actividades internacionales del ministerio, entre ellas la participación del MMA en la OCDE, la negociación de nuevos acuerdos internacionales con componente ambiental, la coordinación general en convenciones ambientales de carácter internacional y la cooperación internacional en materia ambiental. Actividades destacadas son el seguimiento a los temas de acceso a la información, participación ciudadana y justicia ambiental abordados en el principio 10 de la Declaración de Río sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo de 1992, y su participación en el Observatorio del Principio 10, la representación del MMA en el Consejo Nacional para la Implementación de la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible en lo que se refiere a los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) con componentes ambientales y representa al MMA en cuanto Punto Focal frente al Fondo para el Medio Ambiente Mundial (GEF).

Atención ciudadana: Bajo la División de Educación Ambiental y Participación Ciudadana, Su propósito principal es asegurar el acceso a la información pública medioambiental a través de una vinculación eficaz con la ciudadanía, atendiendo sus requerimientos. Para ello, entre otras fuentes, descansa en el Centro de Documentación del Ministerio, las estadísticas medioambientales del Instituto Nacional de Estadísticas (INE) y en la plataforma de la Ley de Lobby del MMA.

1.2.2. Consejo de Ministros para la Sustentabilidad

El Consejo de Ministros para la Sustentabilidad (CMS) está presidido por el Ministro del Medio Ambiente e integrado por los Ministros de Agricultura, de Hacienda, de Salud, de Economía, Fomento y Turismo, de Energía, de Obras Públicas, de Vivienda y Urbanismo, de Transportes y Telecomunicaciones, de Minería, y de Desarrollo Social y Familia.¹⁰ Sus funciones son las siguientes:

- a) *Proponer al Presidente de la República las políticas para el manejo, uso y aprovechamiento sustentables de los recursos naturales renovables.*
- b) *Proponer al Presidente de la República los criterios de sustentabilidad que deben ser incorporados en la elaboración de las políticas y procesos de planificación de los ministerios, así como en la de sus servicios dependientes y relacionados.*
- c) *Proponer al Presidente de la República la creación de áreas protegidas del Estado, que incluye parques y reservas marinas, así como los santuarios de la naturaleza y de las áreas marinas costeras protegidas de múltiples usos.*
- d) *Proponer al Presidente de la República las políticas sectoriales que deben ser sometidas a evaluación ambiental estratégica.*
- e) *Pronunciarse sobre los criterios y mecanismos en virtud de los cuales se deberá efectuar la participación ciudadana en las declaraciones de impacto ambiental a que se refiere al artículo 26 de la ley N° 19.300, sobre Bases Generales del Medio Ambiente.*

9 Portal sobre educación ambiental del MMA: <https://educacion.mma.gob.cl/>.

10 Artículo 71 de la Ley 19.300 modificada (2010). Los nombres de dos ministerios han sido modificados respecto al texto del artículo, a saber, el Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción es ahora el Ministerio de Economía, Fomento y Turismo y el Ministerio de Planificación es ahora el Ministerio de Desarrollo Social y Familia.

- f) Pronunciarse sobre los proyectos de ley y actos administrativos que se propongan al Presidente de la República, cualquiera sea el ministerio de origen, que contenga normas de carácter ambiental señaladas en el artículo 70 relativo a las funciones del MMA.*

Es importante destacar que, de acuerdo con el artículo 73 de la citada ley, “*los acuerdos del Consejo de Ministros para la Sustentabilidad serán obligatorios para los organismos de la Administración del Estado al cual estén dirigidos, incurriendo en responsabilidad administrativa los funcionarios que no den cumplimiento a los mismos*”.

1.2.3. Consejos Consultivos del Ministerio de Medio Ambiente

Al Consejo Consultivo Nacional le corresponde responder a las consultas que le formule el Ministro del Medio Ambiente y el Consejo de Ministros para la Sustentabilidad y emitir opiniones sobre los anteproyectos de ley y decretos supremos que fijen normas de calidad ambiental, planes de prevención y de descontaminación, regulaciones especiales de emisiones y normas de emisión que les sean sometidas a su conocimiento. Sus pronunciamientos no son vinculantes.

El Consejo Consultivo, cuyos miembros son nombrados por el Presidente de la República por un período de dos años, el que podrá prorrogarse por una sola vez, está integrado como sigue:

- a) Dos científicos, propuestos en quina por el Consejo de Rectores de las Universidades Chilenas.*
- b) Dos representantes de organizaciones no gubernamentales sin fines de lucro que tengan por objeto la protección del medio ambiente.*
- c) Dos representantes de centros académicos independientes que estudien o se ocupen de materias ambientales.*
- d) Dos representantes del empresariado, propuestos en quina por la organización empresarial de mayor representatividad en el país.*
- e) Dos representantes de los trabajadores, propuestos en quina por la organización sindical de mayor representatividad en el país.*
- f) Un representante del Presidente de la República.*

El Consejo Consultivo puede pronunciarse de oficio sobre temas ambientales de interés general.

La Ley de Medio Ambiente, creó también los consejos consultivos regionales a los que corresponde atender las consultas que le pudiesen formular el Intendente, el Gobierno Regional y el Secretario Regional Ministerial del Medio Ambiente. Los Consejos Regionales se conforman de modo análogo que el Consejo Nacional cuyos miembros son por el Intendente a proposición del Secretario Regional Ministerial del Medio Ambiente, previa consulta a las respectivas organizaciones o sindicatos más representativos de la región. Los Consejos Consultivo Regionales también podrán pronunciarse de oficio sobre temas ambientales de interés general.

Debe destacarse la posibilidad de que el Consejo Consultivo Nacional y los consejos consultivos regionales puedan pronunciarse de oficio sobre temas ambientales que les preocupen es un avance significativo desde la perspectiva de la participación ciudadana.

2. EVALUACIÓN AMBIENTAL

2.1. SERVICIO DE EVALUACIÓN AMBIENTAL

El Servicio de Evaluación Ambiental (SEA), creado en virtud de la Ley 20.417 de 2010 que modificara a la Ley sobre Bases Generales de Medio Ambiente es el responsable de la evaluación ambiental ex ante de los proyectos de acuerdo con lo establecido en la LBGMA y su reglamento¹¹. La Ley establece que corresponderá al Servicio de Evaluación Ambiental, la administración del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA), así como la coordinación de los organismos del Estado involucrados en el mismo, para los efectos de obtener los permisos o pronunciamientos de carácter ambiental que, de acuerdo con la legislación vigente, deban o puedan emitir los organismos del Estado, respecto de proyectos o actividades sometidos al sistema.¹²

El SEA es un servicio público funcionalmente descentralizado, con personalidad jurídica y patrimonio propio, sometido a la supervisión del Presidente de la República a través del Ministerio del Medio Ambiente y afecto al Sistema de Alta Dirección Pública. La jefatura nacional está representada por el Director Ejecutivo del Servicio. El SEA se proyecta en el territorio a través de las Direcciones Regionales de Evaluación Ambiental; en cada región del país hay un Director Regional que representa al Servicio que también debe ser nombrado mediante el Sistema de Alta Dirección Pública.

11 Las fuentes para este apartado están representadas, básicamente, por el portal internet del SEA, <https://www.sea.gob.cl>, en línea, agosto 2019, y por la Ley 19.300 modificada (2010).

12 Artículo 8° de la Ley 19.300 modificada (2010).

Al SEA se le asigna, además, la responsabilidad de fomentar y facilitar la participación ciudadana en la evaluación de los proyectos.

Buena parte de las funciones del SEA según las define la Ley de Medio Ambiente implican un grado de tecnificación significativa del proceso de evaluación de impactos ambientales como se puede apreciar en la síntesis siguiente:

- Administrar un sistema de información sobre permisos y autorizaciones de contenido ambiental que deberá estar abierto al público en el portal internet del SEA.
- Administrar un sistema de información de líneas de bases de los proyectos sometidos al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental, de acceso público y georreferenciado.
- Uniformar los criterios, requisitos, condiciones, antecedentes, certificados, trámites, exigencias técnicas y procedimientos de carácter ambiental que establezcan los ministerios y demás organismos del Estado competentes, mediante el establecimiento, entre otros, de guías trámite.
- Administrar un registro público de consultores certificados para la realización de declaraciones o estudios de impacto ambiental con información relativa a sus áreas de especialidad.
- Interpretar administrativamente las resoluciones de calificación ambiental, previo informe del o los organismos con competencia en la materia específica que participaron de la evaluación, del Ministerio y de la Superintendencia del Medio Ambiente, según corresponda.

Respecto al último punto del listado se debe destacar que la Ley establece que si la resolución de calificación ambiental “contuviese aspectos normados sometidos a las facultades de interpretación administrativa del organismo sectorial respectivo, el informe solicitado tendrá el carácter de vinculante para el Ministerio en relación a esa materia”.

El SEA se plantea como misión “Contribuir al desarrollo sustentable, la preservación y conservación de los recursos naturales y la calidad de vida de los habitantes del país, por medio de la gestión del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental, asegurando una calificación ambiental transparente, técnica y eficiente en coordinación con los organismos del Estado, fomentando y facilitando la participación ciudadana en los procesos de evaluación, con el propósito de mitigar, compensar y/o reparar los impactos ambientales significativos”. El Servicio ha definido los siguientes cuatro objetivos estratégicos:

- Asegurar la correcta incorporación del componente ambiental y el cumplimiento de la normativa vigente sobre los procesos de evaluación ambiental, a través de la estandarización de criterios de evaluación.
- Fomentar y facilitar los procesos de participación ciudadana con un enfoque multicultural, considerando las características socioculturales de la población, a través de la realización de actividades y generación de información vinculada a la evaluación de impacto ambiental.
- Consolidar un sistema de evaluación ambiental simplificado y eficiente, a través de la implementación de herramientas tanto tecnológicas como administrativas.
- Fomentar la generación de competencias técnicas ambientales en los servicios públicos con competencia ambiental, a través de la generación de conocimiento y capacitaciones.

En todo caso, no parecería que los objetivos estratégicos aportaran mucho considerando que las funciones que establece la Ley son suficientemente claras y abarcativas como para constituirse en los objetivos de mediano-largo plazo y base de una matriz de estructura lógica para su consecución.

2.2. SISTEMA DE EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL

2.2.1. Descripción básica del sistema

El Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA), administrado por el SEA, probablemente es el instrumento más importante de prevención del deterioro ambiental vigente en el país¹³. Al año 2019, después de 22 años de vigencia, el SEIA se encuentra plenamente consolidado, sin perjuicio de las críticas que ha recibido y que han dado lugar a algunas mejoras y que se espera culminen con la Ley de

13 En general, salvo indicación en contrario, las fuentes utilizadas en esta síntesis son la LGBMA, citada antes, y el Reglamento del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (Decreto 40 del Ministerio de Medio Ambiente vigente desde octubre 2014).

Reforma del SEIA actualmente en su primer trámite constitucional en la Cámara de Diputados¹⁴. Sin duda, la promulgación de la Ley N° 20.417 sobre institucionalidad ambiental, ya abordada antes en este informe, fue un hito importante en la evolución del SEIA en cuyo marco se creara el Servicio de Evaluación Ambiental como organismo a cargo de la administración del SEIA y la Superintendencia del Medio Ambiente con responsabilidades en el seguimiento y la fiscalización ambiental de diversos instrumentos de carácter ambiental, entre ellos, las resoluciones de calificación ambiental.

El SEIA permite introducir la dimensión ambiental en fases tempranas del proceso de formulación de los proyectos, tanto de iniciativa pública como privada, e incorporar modificaciones antes de su diseño definitivo. Los proyectos o actividades señalados en la LGBMA (artículo 10) sólo podrán ejecutarse o modificarse previa evaluación de su impacto ambiental, de acuerdo a lo establecido en la ley y su reglamento. Los permisos o pronunciamientos específicos de carácter ambiental, que de acuerdo con la legislación vigente deban o puedan emitir los organismos del Estado respecto de proyectos o actividades sometidos al SEIA, deben ser otorgados en el marco del sistema.

Estudios y declaraciones de impacto ambiental

La evaluación de impacto ambiental de un proyecto o actividad requiere la realización, según el caso, de un estudio o de una declaración de impacto ambiental. Un estudio de impacto ambiental (EIA) es exigible si el proyecto genera o presenta “a lo menos uno de los siguientes efectos, características o circunstancias” que se resumen a continuación (artículo 11 de la LGBMA):

- Riesgo para la salud de la población.
- Efectos adversos significativos sobre la cantidad y calidad de los recursos naturales renovables.
- Reasentamiento de comunidades humanas, o alteración significativa de los sistemas de vida y costumbres de grupos humanos.
- Localización en o próxima a poblaciones, recursos y áreas protegidas, sitios prioritarios para la conservación, humedales protegidos y glaciares, susceptibles de ser afectados, así como el valor ambiental del territorio en que se pretende emplazar; Ley 20.417.
- Alteración significativa, en términos de magnitud y duración, del valor paisajístico o turístico de una zona.
- Alteración de monumentos, sitios con valor antropológico, arqueológico, histórico y, en general, los pertenecientes al patrimonio cultural.

Los proyectos o actividades no podrán ser fraccionados con el objeto de eludir el ingreso al SEIA o evitar el requerimiento de un EIA. Esta prohibición no se aplica si se acredita que “el proyecto o actividad corresponde a uno cuya ejecución se realizará por etapas”. Sin embargo, según el caso, la implementación en etapas también podría considerarse un fraccionamiento del proyecto si, en ausencia de las etapas sucesivas, el proyecto deja de ser rentable.

En el caso de los proyectos o actividades que deban someterse al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental pero que no requieran elaborar un EIA se debe presentar una Declaración de Impacto Ambiental (DIA), instrumento equivalente a una declaración jurada, asegurando que el proyecto o actividad cumple con la legislación ambiental vigente. La DIA puede incluir compromisos ambientales voluntarios que se harán exigibles para el proyecto o actividad en cuestión, no obstante no esté exigidos por ley.

Comisiones de evaluación y comités técnicos

Tanto las DIA como los EIA de los proyectos que ingresan al SEIA para obtener las autorizaciones correspondientes, se deben someter a la Comisión de Evaluación de la región en la que se realizarán las obras materiales que contemple el proyecto o actividad, con anterioridad a su implementación, de acuerdo como lo establece el artículo 86 de la LGBMA. En los casos en que la actividad o proyecto pueda causar impactos ambientales en zonas situadas en distintas regiones, las DIA o los EIA deben presentarse ante el Director Ejecutivo del Servicio de Evaluación Ambiental.

Las comisiones de evaluación son presididas por el Intendente e integradas por los SEREMI de Medio Ambiente, de Salud, de Economía, Fomento y Turismo, de Energía, de Obras Públicas, de Agricultura, de Vivienda y Urbanismo, de Transportes y Telecomunicaciones, de Minería, y de Desarrollo Social y Familia, y el Director Regional del SEA, quien actúa como secretario. Además, en cada región se crearon comités técnicos integrados por el SEREMI de Medio Ambiente, que lo preside, el Director Regional del SEA, los directores regionales de los servicios públicos que tengan competencia en materia ambiental, el Gobernador Marítimo correspondiente y el representante del Consejo de Monumentos Nacionales. A este comité le corresponde elaborar un acta de evaluación de cada proyecto, acta de libre acceso a los interesados.

14 Mensaje N° 097-367 de S.E. el Presidente de la República que acompaña el proyecto de ley que introduce modificaciones en la institucionalidad ambiental y en el Sistema de Evaluación de Impacto ambiental. 18/06/2019.

La Comisión de Evaluación, o el Director Ejecutivo en su caso, debe aprobar o rechazar un proyecto o actividad sometido al SEIA sólo en virtud del Informe Consolidado de Evaluación en lo que dice relación con los aspectos normados en la legislación ambiental vigente, informe que debe incorporar los pronunciamientos ambientales fundados de los organismos con competencia que participaron en la evaluación así como la evaluación técnica de las observaciones planteadas por la comunidad y los interesados, cuando corresponda.

Resoluciones de impacto ambiental

El proceso de evaluación de impacto ambiental culmina en la Resolución de Calificación Ambiental (RCA), el acto administrativo final del procedimiento de evaluación ambiental mediante el cual se califica ambientalmente el proyecto o actividad sometido al SEIA. La RCA, en el caso de aprobación, establece las condiciones, exigencias o medidas que el titular del proyecto o actividad deberá cumplir durante su implementación y operación. En el caso de rechazo, el proyecto o iniciativa no puede ser ejecutado salvo que haya sido reingresado al sistema y su revisión de lugar a una RCA favorable.

A partir del nuevo reglamento del SEIA, el SEA conjuntamente con la SMA han producido un nuevo formato de las RCA, vigente desde 2015, que facilita la fiscalización al ordenar mejor temas y capítulos y brindar una síntesis de la información de los diversos aspectos que han sido abordados en el proceso de evaluación.

Permisos ambientales sectoriales

Todos los permisos de carácter ambiental, que de acuerdo con la legislación vigente deban o puedan emitir los órganos de la Administración del Estado, respecto de proyectos o actividades sometidos al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental, deben ser otorgados a través de dicho sistema, de acuerdo a las normas de la LGBMA (artículo 8) y del Reglamento del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental.¹⁵

En los informes requeridos en el marco del proceso de evaluación ambiental, los organismos del estado con competencia ambiental se deben pronunciarse exclusivamente en el ámbito de sus competencias, acerca de los permisos ambientales sectoriales aplicables, los requisitos para su otorgamiento y los contenidos técnicos y formales para acreditar su cumplimiento. Deben indicar si el proyecto o actividad cumple con la normativa de carácter ambiental, incluidos los permisos ambientales sectoriales, así como si las medidas propuestas en el Estudio de Impacto Ambiental se hacen cargo adecuadamente de los impactos ambientales de la iniciativa.

Se distingue entre permisos ambientales sectoriales de contenidos únicamente ambientales y permisos ambientales sectoriales mixtos que tienen contenidos ambientales y no ambientales. En el primer caso, bastará que el titular del proyecto o actividad exhiba la RCA para que el organismo competente otorgue el permiso sin más trámite. Si la RCA es desfavorable, dichos órganos quedarán obligados a denegar tales permisos.

En el caso de permisos ambientales sectoriales mixtos, la RCA favorable certificará que se da cumplimiento a los requisitos ambientales de dichos permisos; los órganos del Estado con competencia ambiental no podrán denegar los correspondientes permisos ni imponer nuevas condiciones o exigencias de carácter ambiental que no sean las establecidas en la RCA. Si la RCA fuese desfavorable, los órganos competentes quedarán obligados a denegar los correspondientes permisos, en razón de los requisitos ambientales, aunque se satisfagan los demás requisitos.

El SEA ha desarrollado “guías trámite” que uniforman los criterios o exigencias técnicas de los contenidos y procedimientos establecidos para cada uno de los permisos ambientales sectoriales, las que deberán ser observadas por los titulares de las iniciativas sometidas al SEIA.

El Reglamento del SEIA incorpora un listado completo, tanto de los permisos ambientales sectoriales de contenidos únicamente ambientales como de los permisos ambientales mixtos (párrafos segundo y tercero del reglamento)¹⁶.

El tema de los permisos ambientales sectoriales ha sido materia de análisis recientes y de propuestas orientadas a reducir los tiempos de tramitación de los proyectos de inversión. En otro apartado de este informe se abordan dichos análisis.

Consultas de pertinencia

La consulta de pertinencia es la petición del proponente de un proyecto o actividad, o de la modificación de un proyecto o actividad, dirigida al Director Regional o al Director Ejecutivo del SEA, según el caso, solicitando un pronunciamiento sobre si ese proyecto o actividad o modificación debe o no someterse al SEIA.

Si bien, no se había previsto que se recurriese a este tipo de consulta más allá de situaciones excepcionales, los titulares de proyectos han

15 Decreto N°40 que aprueba el reglamento del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental, https://www.sea.gob.cl/sites/default/files/imce/archivos/2016/01/12/dto-40_12-ago-2013.pdf

16 Los permisos ambientales sectoriales que establece el Reglamento del SEIA son 20 y están definidos en los artículos 111 al 130 del párrafo 2º, título VII; los permisos ambientales mixtos son 30 y se definen en los artículos 131 al 160 del párrafo 3º del mismo título; hay un solo pronunciamiento ambiental definido por el artículo 161 del párrafo 4º del mismo título.

estado recurriendo a ella de modo creciente¹⁷. A pesar de su baja certeza, la consulta de pertinencia es percibida como un mecanismo clarificador, que otorga certeza jurídica a los titulares y a otros servicios, respecto de un proceso tan complejo y relevante como la evaluación ambiental. Esto ha generado un enorme crecimiento de consultas, de las cuales el 90% no tiene efecto al corresponder a proyectos o modificaciones de proyectos que carecen de impacto (no debió consultarse).¹⁸

La posibilidad, en todo caso, está explícitamente reconocida en el Reglamento del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental que establece que¹⁹: “Sin perjuicio de las facultades de la Superintendencia para requerir el ingreso de un proyecto o actividad, los proponentes podrán dirigirse al Director Regional o al Director Ejecutivo del Servicio, según corresponda, a fin de solicitar un pronunciamiento sobre si, en base a los antecedentes proporcionados al efecto, un proyecto o actividad, o su modificación, debe someterse al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental. La respuesta que emita el SEA deberá ser comunicada a la Superintendencia”.²⁰

Por lo demás, una consulta como esta constituye una manifestación del derecho de petición consagrado en el artículo 19° N°14 de la Constitución Política de la República.

De este modo, al SEA, como administrador del SEIA, le compete pronunciarse, a requerimiento del interesado, respecto de si un determinado proyecto o actividad, o si su modificación, debe someterse al SEIA en forma previa a su ejecución en base a las definiciones de la LGBMA (modificada) y del Reglamento del SEIA sobre las tipologías de proyectos y a lo dispuesto, con relación a cambios o modificaciones de los proyectos o actividades, por dicho Reglamento²¹.

2.2.2. Estadísticas del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental

2.2.2.1 Aprobaciones y rechazos de declaraciones y estudios de impacto ambiental

El cuadro 2.1 y la figura 2.1 representan el panorama general de los proyectos sometidos al SEIA y los resultados en términos de aprobaciones y rechazos, un panorama general sobre las DIA y EIA acumulados al 2019 desde que entra en vigencia el SEIA en 1997²².

Cuadro 2.1 Proyectos aprobados y rechazados en el marco del SEIA Período 1997-2019 ^a		
Estado	Proyectos (número)	Inversión (MMUSD)
Aprobado	16.060	349.691
DIA	15.385	207.941
EIA	675	141.751
Rechazado	1.141	28.361
DIA	1.083	18.584
EIA	58	9.777
Total	17.201	378.052
^a Abril 1997-mayo 2019		
FUENTE: Cuadro anexo 1.1 construido a partir datos en línea del SEIA.		

17 El número de consultas de pertinencia aumentó de 1.884 en 2016 a 2.174 en 2017 y a 2.233 en 2018.

18 Comisión Nacional de Productividad, Calidad Regulatoria en Chile, septiembre 2019.

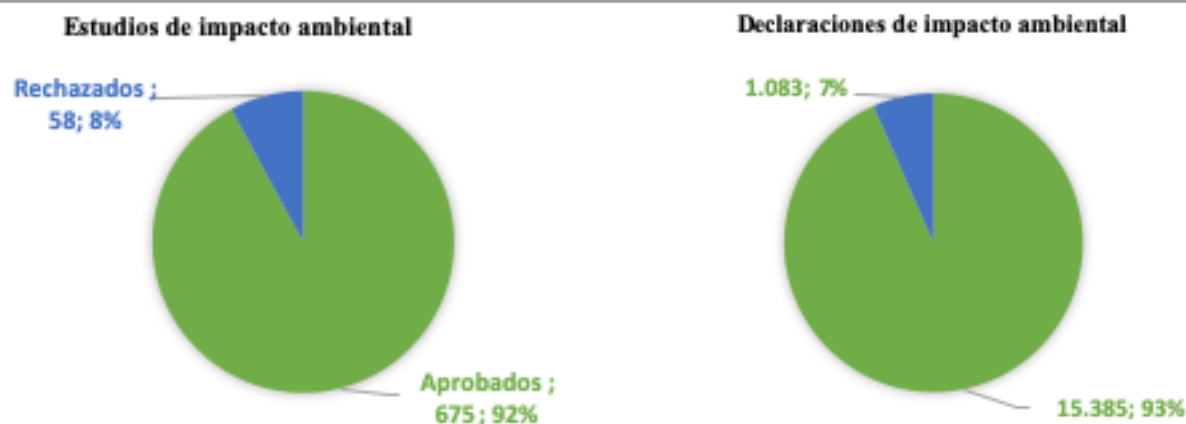
19 Artículo 26 del D.S. N°40, de 2012, del Ministerio del Medio Ambiente.

20 Fuente: Instructivo sobre consultas de pertinencia, SEA, septiembre 2013.

21 Artículo 10 de la Ley N° 19.300, modificada por la Ley 20.417, y artículo 3° del Reglamento del SEIA, D.S. N° 40/12 del MMA relativo a tipologías, y artículo 2° literal g) del mismo relativo a cambio o modificaciones.

22 D.S. N° 30, de 27 de marzo de 199, del Ministerio Secretaría General de la Presidencia que entra en vigencia el 3 de abril de ese año. En esta fecha exacta se inicia el conteo de proyectos para los fines del SEIA.

Figura 2.1 Proyectos con DIA y EIA aprobados y rechazados



Período 1997-2019 (en número y porcentaje del total)

FUENTE: Cuadro anexo 1.1 construido a partir de datos en línea del SEIA.

Las figuras 2.2 y 2.3, muestran la evolución de las aprobaciones y rechazos de las declaraciones y de los estudios de impacto ambiental en el período 1997-2019 a partir del detalle presentado en el cuadro anexo 1.1. Se incorporan, además, los cuadros anexo 1.2 y 1.3 con el estado de los proyectos presentados al SEIA como EIA y DIA en el período 2015-2019 que se resumen en el cuadro 2.2.

Considerando el período 2015-2019 (a mayo), como se ilustra en el cuadro 2.2, fueron presentados al SEIA 3.745 proyectos, 240 como EIA y 3.505 como DIA pero sólo concluyeron el proceso de evaluación, con resultado favorable o desfavorable, 1.863 proyectos, 103 como EIA y 1.643 como DIA.

En el ámbito de los EIA, fueron aprobados 42,9% y rechazados 5,4%; el resto, 51,7%, cubre los proyectos no admitidos, no calificados y los desistimientos. Por el lado de las DIA, fue aprobado 46,9% de los proyectos calificados y 3 % rechazado mientras, los proyectos no admitidos, no calificados y los desistimientos representaron 50,2%.

Cuadro 2.2 Estado de proyectos presentados al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental Período 2015-2019^a

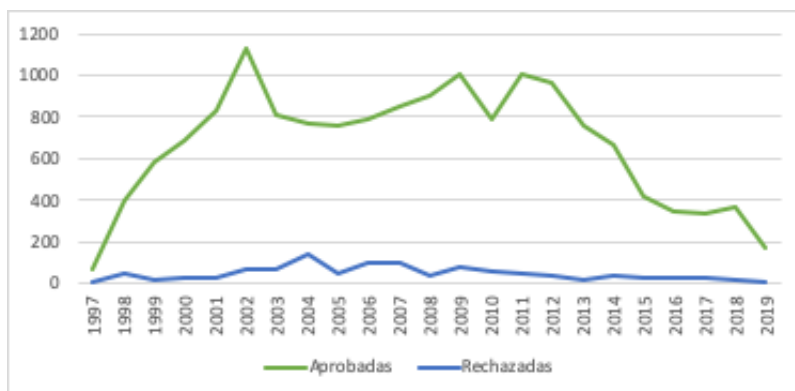
Estado ^b	EIA		DIA		Total	
	Número	%	Número	%	Número	%
Aprobado	103	42,9	1.643	46,9	1.746	46,6
Desistido	58	24,2	660	18,8	718	19,2
No admitido a trámite	43	17,9	850	24,3	893	23,8
No calificado ^c	23	9,6	248	7,1	271	7,2
Rechazado	13	5,4	104	3,0	117	3,1
Total general	240	100,0	3.505	100,0	3.745	100,0

^a Proyectos aprobados y rechazados al 31 de mayo del 2019.^b Otras categorías que se consideran en el sistema pero sin representación en este período son: abandonado, caducado y revocado.^c El proyecto ingresó con el instrumento que no correspondía (p.ej.: DIA en vez de EIA) o le falta información relevante o esencial.**FUENTE:** Cuadros anexos 1.2 y 1.3 construido a partir de datos del SEIA, en línea, <http://seia.sea.gob.cl/busqueda/buscarProyecto.php>, agosto 2019.

Por otra parte, como se observa en el citado cuadro anexo 1.1, el número de DIA que concluyeron el proceso de evaluación, sea con resultado favorable (aprobadas) o desfavorable (rechazadas), alcanza su máximo en 2002 con 1.193 declaraciones. El año 2002 también es el año con más aprobaciones de la serie con 1.127 proyectos.

Entre 2003 y 2012 el número de DIA que concluyeron el proceso se sitúa, aproximadamente, entre 800 y poco más de 1000 declaraciones anuales para luego disminuir, sostenidamente, a partir del 2012, llegando a sólo 382 declaraciones en 2018. Este comportamiento es más o menos similar para el número de DIA aprobadas. 2017 es el año en que se presentaron menos DIA, 365, y en el que, también, ocurre el menor número de aprobaciones, 336. En cambio, los rechazos han experimentado una variación menor, si se comparan las curvas de aprobaciones y rechazos de la figura 2.2.

Figura 2.2 Evolución declaraciones de impacto ambiental Periodo 1997-2019^a



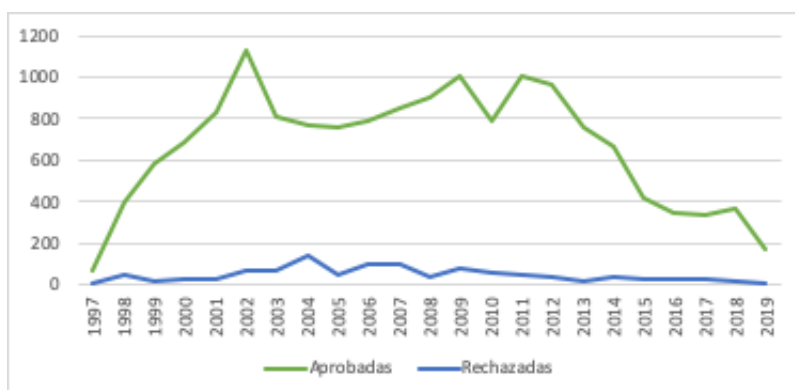
^a Datos abril 1997 a mayo del 2019.

FUENTE: Cuadro anexo 1.1 construido a partir datos en línea del SEA.

En el caso de los EIA, como se puede ver en el cuadro anexo 1.1, el número de proyectos presentados al SEIA que concluyeron el proceso, tanto aprobados como rechazados, fue creciendo hasta alcanzar su máximo de 52 en 2001 para decrecer posteriormente. Desde 2010, no llegan a 30 los EIA aprobados y rechazados, excepto en 2018 cuando 32 EIA concluyen el proceso. Un comportamiento similar es el del número de EIA aprobados por año que alcanza un máximo de 45 aprobaciones en 2001. De ahí en adelante, al igual que con el total de aprobaciones y rechazos de EIA, el número de aprobaciones se reduce para sólo tener una pequeña recuperación en 2018, como se puede observar en la figura 2.3.

El número de EIA rechazados anualmente es muy menor fluctuando entre 0 y 3 a lo largo de todo el período, con la excepción de los años 1998 con 9 estudios rechazados, 2001 con 7 estudios rechazados y 2017 con 6 estudios rechazados.

Figura 2.3 Evolución estudios de impacto ambiental Periodo 1997-2019^a



^a Datos abril 1997 a mayo del 2019.

FUENTE: Cuadro anexo 1.1 construido a partir datos en línea del SEA.

En el ámbito sectorial, en general no hay mayor variabilidad en cuanto a aprobaciones o rechazos de proyectos ingresados como DIA. El sector con la mayor proporción de DIA aprobadas es el Forestal con 98,9% de aprobaciones y, en el otro extremo, con la menor proporción de DIA aprobadas, Pesca y Acuicultura con 88 %. En el caso de los proyectos ingresados con EIA, la variabilidad es un poco mayor, desde 100% de proyectos con EIA aprobados – los sectores Agropecuario, Forestal y de Infraestructura de Transporte – a 72,2% de EIA aprobados en el caso del sector Saneamiento Ambiental. (Para más detalle sobre el número de proyectos presentados al SEIA, por sector, a lo largo de todo el período véase cuadro 2.5.)

2.2.2.2 Inversión declarada en proyectos aprobados en el marco del SEIA

Como síntesis de lo que sigue, se puede concluir que, en cuanto a los proyectos con EIA aprobada en el período 2010-2018, considerando promedios móviles trianuales, habría una cierta tendencia al incremento en el número de proyectos aprobados así como de la inversión asociada, teniendo presente, en el caso de la inversión, el peso importante que pueden tener en la tendencia los grandes proyectos, particularmente de los sectores energía y minería. También hay un crecimiento del tamaño medio de los proyectos representado por la inversión promedio por proyecto, incorporando los cinco meses considerados del año 2019.

En el caso de los proyectos con DIA aprobada, la tendencia determinada del mismo modo es inversa, a la baja respecto al número de proyectos y a la inversión asociada. Sin embargo, se observa que el tamaño medio de los proyectos, representado por la inversión promedio por proyecto, se incrementa significativamente hasta 2018 pero decrece levemente al incorporar al promedio móvil lo que va corrido de 2019.

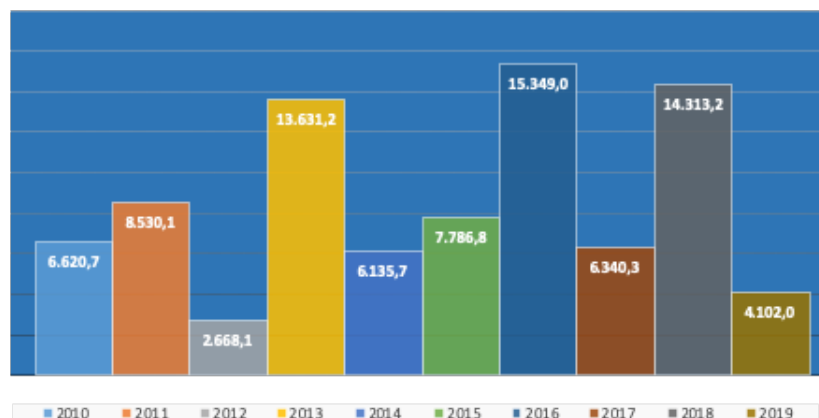
A continuación, algunos comentarios derivados de los cuadros y figuras incorporados.

En el cuadro 2.3 y en la figura 2.4 se muestran los montos de inversión asociados a proyectos con EIA aprobados en el marco del SEIA entre 2010 y mayo de 2019. Se observa que los mayores montos corresponden (de mayor a menor) a los proyectos aprobados en 2016, 2018 y 2013 con el equivalente, respectivamente, de 15.349, 14.313 y 13.631 millones de dólares. El año con proyectos con el menor monto declarado es 2012 con el equivalente a 2.668 millones de dólares americanos.

Cuadro 2.3 Evolución de proyectos con EIA aprobado y montos de inversión asociada. Período 2010-2019

Año	Proyectos con estudios de impacto ambiental aprobados (número)	Inversión asociada (millones de US\$)	
		Total	Promedio por proyecto
2010	22	6.620,7	300,9
2011	23	8.530,1	370,9
2012	20	2.668,1	133,4
2013	24	13.631,2	568,0
2014	23	6.135,7	266,8
2015	24	7.786,8	324,5
2016	23	15.349,0	667,3
2017	21	6.340,3	301,9
2018	30	14.313,2	477,1
2019	5	4.102,9	820,6

Fuentes: Cuadro anexo 1.1 y figura 2.4 construido a partir datos en línea del SEA.

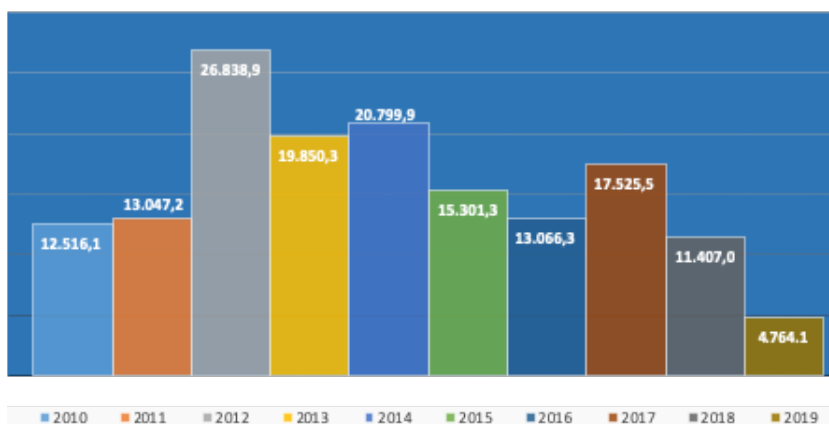
Figura 2.4 Inversión declarada en EIA de proyectos aprobados. Periodo 2010 -2019^a (en millones de US\$)

^a Datos considerados hasta 31 de mayo del 2019.

FUENTE: Construido a partir de datos del SEA en línea, <http://seia.sea.gob.cl/busqueda/buscarProyecto.php>, agosto 2019.
<http://seia.sea.gob.cl/busqueda/buscarProyecto.php>, agosto 2019.

No hay una tendencia obvia con relación a las inversiones que estarían fundamentalmente determinadas por grandes proyectos. Como se puede ver en el cuadro 2.3 citado, la variación en los montos de inversión en referencia no estaría determinada por el número de proyectos sino porque, en los años con mayores montos, hay proyectos de gran tamaño que se traducen en promedios de inversión superiores por proyecto aprobado. En los años de mayor inversión declarada (2013, 2016 y 2018) el promedio de inversión por proyecto va de 477 a 667 millones de dólares mientras, en 2012, el año con el menor monto declarado, el promedio de inversión declarada es de 133,4 millones de dólares, siendo, además, el año con el menor número de proyectos con EIA aprobados.

En el caso de los montos de inversión asociados a proyectos con DIA aprobadas entre 2010 y mayo de 2019 (véase figura 2.5) se observan fluctuaciones menores que en el caso de las EIA. Los montos asociados a los proyectos con DIA aprobada, expresados en millones de dólares (MMUSD), se van incrementando desde 2010 para alcanzar un máximo en 2012 ascendiente a 26.838 MMUSD para luego situarse en torno a los 20.000 MMUSD en los años 2013 y 2014 y continuar disminuyendo hasta 11.407 MMUSD en 2018.

Figura 2.5 Inversión declarada en DIA de proyectos aprobados Periodo 2010 -2019^a (millones de US\$)

^a Datos considerados hasta 31 de mayo del 2019.

FUENTE: Construido a partir de datos del SEA en línea, <http://seia.sea.gob.cl/busqueda/buscarProyecto.php>, agosto 2019.
<http://seia.sea.gob.cl/busqueda/buscarProyecto.php>, agosto 2019.

El cuadro 2.4 ilustra sobre el número de proyectos con DIA aprobados cada año, la inversión declarada asociada a esos proyectos y la inversión promedio declarada por proyecto. Se observa una clara tendencia a la disminución sostenida del número de proyectos que, de 793 y 1001 en 2010 y 2011, respectivamente, se reducen a 368 en 2018. La inversión promedio por proyecto se incrementa hasta alcanzar 52,2 MMUSD en 2017 y cae a 31 MMUSD en 2018 y 27,5 en los primeros cinco meses de 2019. El menor monto de inversión por proyecto ocurre en 2011 donde alcanza a 13 MMUSD cuando el número de proyectos aprobados alcanza el máximo.

Cuadro 2.4 Evolución de proyectos con DIA aprobada y montos de inversión asociados. Período 2010-2019			
Año	Proyectos con declaraciones de impacto ambiental aprobadas (numero)	Inversión asociada (MMUSD) ^a	
		Total	Promedio por proyecto
2010	793	12.516,1	15,8
2011	1.001	13.047,2	13,0
2012	959	26.838,9	28,0
2013	753	19.850,3	26,4
2014	663	20.799,9	31,4
2015	420	15.301,3	36,4
2016	346	13.066,3	37,8
2017	336	17.525,5	52,2
2018	368	11.407,0	31,0
2019	173	4.764,1	27,5

^a Millones de dólares americanos.

FUENTES: Cuadro anexo 1.1 y figura 2.5 construidos a partir de datos del SEA, en línea.

2.2.2.3 Proyectos con estudios y declaraciones de impacto ambiental aprobadas según sectores

La estadística del SEA reconoce trece sectores principales más una categoría “otros” englobando los sectores de más baja representación. En el caso de los proyectos que aprobados con EIA, el mayor número corresponde a los sectores Energía, Minería y Saneamiento Ambiental en ambos períodos considerados, mientras que, en los casos aprobados con DIA, en el período 1997-2019, los sectores principales fueron Pesca y Acuicultura, Saneamiento Ambiental y Minería, mientras que, en el período 2015-2019, lo fueron energía, inmobiliario y minería.

En el cuadro 2.5 se presenta el acumulado para todos los sectores en los períodos 1997-2019 y 2015-2019. La evolución del número de proyectos según sectores en el período 2015-2019 se presenta, respectivamente con EIA y DIA, en los cuadros anexos 1.4 y 1.5 y en las figuras anexas 1.1 y 1.2.

Cuadro 2.5 Proyectos aprobados en el Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental por sector productivoa. Períodos 2015-2019 y 1997-2019 ^b						
Sector	Período 2015-2019			Período 1997-2019		
	DIA	EIA	Total	DIA	EIA	Total
Agropecuario	47	0	47	284	3	287
Energía	366	49	415	1.247	194	1.441
Equipamiento	4	1	5	591	8	599
Forestal	6	0	6	87	12	99
Infraestructura de Transporte	20	3	23	212	28	240
Infraestructura Hidráulica	32	6	38	335	26	361
Infraestructura Portuaria	14	6	20	136	28	164
Inmobiliario	301	5	306	1.461	26	1.487

Instalaciones fabriles varias	42	0	42	519	20	539
Minería	248	23	271	1.618	131	1.749
Otros	197	2	199	1.432	68	1.500
Pesca y Acuicultura	186	0	186	3.612	13	3.625
Planificación Territorial/Inmobiliarios Zonas	0	0	0	684	10	694
Saneamiento Ambiental	180	8	188	3.166	108	3.274
Totales	1.643	103	1.746	15.384	675	16.059

^a Destacados los tres sectores con más proyectos en cada columna.
^b Hasta mayo 2019.
FUENTE: Cuadros anexo 1.4 y 1.5 contruidos a partir de datos del SEA, en línea.

Con relación a los montos de inversión asociados a los proyectos con EIA y DIA véase el cuadro 2.6. Se observa que los tres sectores que dominaron en los agregados de inversión declarada acumulada a mayo 2019 desde el inicio del SEIA en 1997 fueron, respectivamente energía con una inversión declarada acumulada de 119.750 MMUSD (1.441 proyectos), minería con 106.806 MMUSD (1.749 proyectos) e inmobiliario con 35.940 MMUSD (1.487) (2019 hasta mayo).

Los tres sectores señalados son también los que registran la mayor inversión declarada acumulada en los últimos cinco años y medio, el período 2015-2019: energía 45.209 MMUSD (con 415 proyectos), minería 37.062 MMUSD (con 271 proyectos) e inmobiliario 11.339 MMUSD (con 306 proyectos).

La inversión total ascendió a 349.682 y 109.956 MMUSD, respectivamente, en los períodos 1997-2019 y 2015-2019 ((1746 y proyectos).

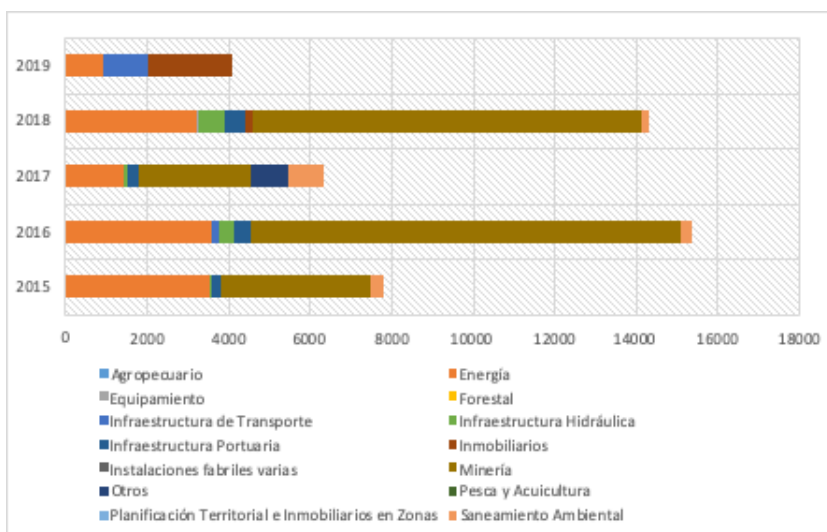
Cuadro 2.6 Inversiones asociadas a proyectos aprobados en el marco del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental por sector productivo^a. Períodos 2015-2019 y 1997-2019^b (millones de US\$)

Sector	Período 2015-2019			Período 1997-2019		
	DIA	EIA	Total	DIA	EIA	Total
Agropecuario	632	0	632	1.938	524	2.461
Energía	33.212	12.697	45.909	82.340	37.410	119.750
Equipamiento	67	10	77	1.369	47	1.415
Forestal	65	0	65	1.841	5.476	7.317
Infraestructura de Transporte	1.407	1.291	2.698	8.238	5.057	13.295
Infraestructura Hidráulica	106	1.153	1.259	1.444	6.422	7.866
Infraestructura Portuaria	423	1.418	1.840	2.117	3.776	5.893
Inmobiliarios	9.048	2.291	11.339	32.156	3.784	35.940
Instalaciones fabriles varias	1.131	0	1.131	10.344	2.634	12.977
Minería	10.583	26.478	37.062	38.964	67.842	106.806
Otros	3.251	915	4.165	11.325	4.761	16.086
Pesca y Acuicultura	928	0	928	5.931	86	6.017
Planificación Territorial/Inmobiliarios Zonas	0	0	0	79	0	79
Saneamiento Ambiental	1.211	1.639	2.850	9.852	3.933	13.785
Totales	62.064	47.891	109.956	207.937	141.751	349.687

^a Destacados los tres sectores con más proyectos en cada columna.
^b Hasta mayo 2019.
FUENTE: Cuadros anexos 1.6 y 1.7 contruidos a partir de datos del SEA, en línea.

Las figuras 2.6 y 2.7 representan gráficamente las cifras de inversión declarada por los titulares de los proyectos aprobados, en el marco de los EIA y DIA, respectivamente, por año y por sector productivo en el período 2015-2019.

Figura 2.6 Montos de inversión declarada en los EIA de proyectos aprobados
Periodo 2015 – 2019^a (millones de US\$)



^a 2019 hasta el 31 de mayo.

FUENTE: Construido a partir de datos del SEA en línea, <http://seia.sea.gob.cl/busqueda/buscarProyecto.php>, agosto 2019. http://seia.sea.gob.cl/busqueda/buscarProyecto.php_agosto_2019.

2.2.3. Críticas al Sistema de Evaluación Ambiental y propuesta de reforma

2.2.3.1 Antecedentes

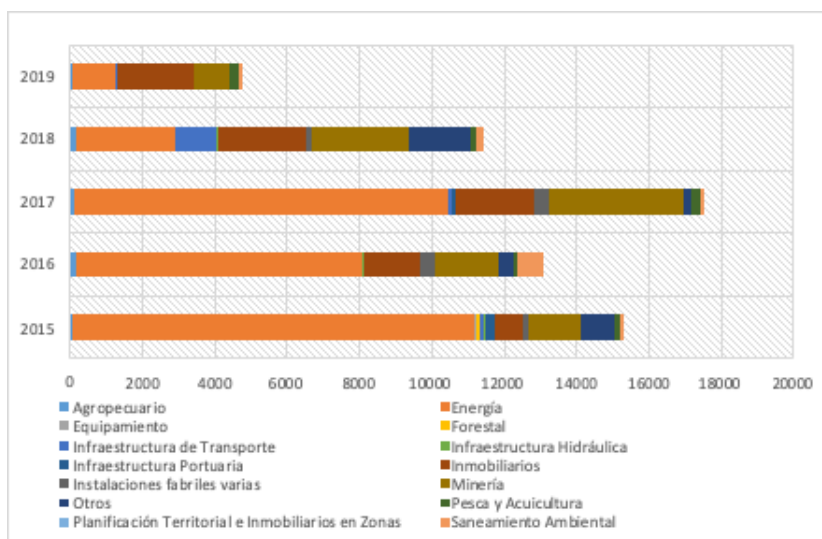
Pareció relevante, en este momento en que se debate sobre la reforma al SEIA en la Cámara de Diputados²³, volver sobre los análisis y recomendaciones – probablemente todavía vigentes – que se hicieron al sistema en 2016 a través de dos comisiones de trabajo, una de ellas creada por el gobierno de la época, la Comisión Asesora Presidencial para la Evaluación del Sistema de Evaluación del Impacto Ambiental (CAP), y la otra, la Comisión Sindical Ciudadana Parlamentaria (CSCP), creada por un grupo de organizaciones no gubernamentales, de parlamentarios y de líderes sindicales. El trabajo de ambas comisiones fue abordado en el Informe País 1999-2015.

La Comisión Asesora Presidencial señalaba que “se reconocen debilidades del SEIA en su relación con otros instrumentos de gestión pública, se detecta la asimetría de información que afecta a la ciudadanía, debido, entre otros, a lo difícil que resulta comprender el lenguaje técnico de descripción de los proyectos, a lo que se suman los plazos diferenciados dentro de los cuales dichas comunidades pueden participar e involucrarse en los procedimientos de evaluación ambiental”. Por otra parte, la CAP destaca que otro aspecto de la problemática asociada al SEIA tiene relación con que algunas materias que son abordados en el marco de la evaluación del impacto ambiental de los proyectos “escapan del ámbito del SEIA y la evaluación ambiental de proyectos, como lo son problemas sociales o económicos históricos o la definición de aspectos más estratégicos, como uso del territorio”.

La Comisión identificó y analizó los criterios de ingreso al SEIA así como los instrumentos de evaluación reconociendo que, tanto los estudios como las declaraciones de impacto ambiental, se han complejizado en torno a detalles técnicos del proyecto que, en algunos casos, no tienen mayor relevancia ambiental. Otro tema de revisión y análisis para la Comisión fue la definición de los elementos o componentes del medio ambiente que son objeto de protección en el SEIA y aspectos estructurales que dicen relación con el funcionamiento de los órganos colegiados que califican los proyectos y su pertinencia.

23 El proyecto de reforma al SEIA ya mencionado, Boletín de la Cámara de Diputados N° 12714-12 (https://www.camara.cl/pley/pley_detalle.aspx?prmID=13251&prmBOLETIN=12714-12).

Figura 2.7 Montos de inversión declarada en DIA de proyectos aprobados
Período 2015 – 2019^a (millones de US\$)



^a 2019 hasta el 31 de mayo.

FUENTE: Construido a partir de datos del SEA en línea, <http://seia.sea.gob.cl/busqueda/buscarProyecto.php>, agosto 2019. <http://seia.sea.gob.cl/busqueda/buscarProyecto.php>, agosto 2019.

La CAP señala que la participación ciudadana en el marco del SEIA está enfrentada a una serie de cuestionamientos y críticas referidas al procedimiento y a los resultados esperados lo que guardaría relación con la implementación de los procedimientos y plazos y, principalmente, con el tratamiento de temáticas que no están relacionadas con la evaluación ambiental propiamente tal, sino más bien, con lo atinente a la aceptabilidad o no aceptabilidad de una tipología de proyecto en particular, o con lo relacionado al emplazamiento de la iniciativa en un territorio determinado. Concluye la Comisión en que **“no existe el espacio ni la posibilidad para que las comunidades puedan incidir en los aspectos que resultan de su interés. Esta imposibilidad de incidencia, sumado a problemas de asimetría de la información entre titulares, ciudadanía y el Estado, ha llevado a que la participación ciudadana en el SEIA pierda prestancia y legitimidad ante las comunidades y, al mismo tiempo, ha propiciado una crítica negativa al SEA respecto de su gestión como institución del Estado”**.

Procurando asegurar que los puntos de vista de sectores no bien representados en dicha Comisión quedaran fuera de los debates y negociaciones, un grupo de organizaciones no gubernamentales, de parlamentarios y de líderes sindicales decidieron crear la CSCP. La Comisión se propuso como objetivo “elaborar una propuesta representativa y socialmente legitimada sobre las modificaciones que requiere el SEIA, con el fin de asegurar la aplicación de los principios del derecho ambiental y de dar mejor cumplimiento a sus objetivos normativos, en especial al derecho a vivir en un medio ambiente libre de contaminación, la protección del patrimonio ambiental y la justicia ambiental, requisitos esenciales para el desarrollo sustentable”. La CSCP lanzó su informe en agosto 2016 y en septiembre hizo entrega formal al Ministro de Medio Ambiente²⁴.

Deben destacarse dos conclusiones básicas que emergen del diagnóstico en el que la CSCP fundamenta su propuesta:

- Los espacios de participación vigentes en el SEIA resultan insuficientes para la expresión de las preocupaciones e intereses de la comunidad, así como para los desafíos de democratización de las decisiones en materia ambiental y territorial que el país enfrenta.
- Los principales conflictos que surgen entre titulares y comunidades se generan en un escenario en que el Estado permanece ausente, y tomando distancia de las decisiones sobre los procesos de desarrollo de los territorios. En los casos de involucramiento estatal, éste ha demostrado que prioriza los derechos e intereses del inversionista por sobre los derechos e intereses locales, bajo la lógica de que es prioritariamente la iniciativa privada la que impulsa el desarrollo.

Más tarde, en 2017, en el marco del seminario realizado por la Universidad Católica de Chile sobre Desafíos Ambientales 2018-2022 que incorporaba un bloque de discusión sobre el SEIA, se plantearon críticas y se formularon propuestas. Entre ellas se destacan las siguientes:²⁵

- El SEIA se centra, básicamente, en el cumplimiento de normativa, descuidando u omitiendo, de algún modo, una preocupación por la internalización de las externalidades ambientales negativas, a través de medidas de compensación, de mitigación y de reparación ambiental, que generen una contribución al medio ambiente.
- El SEIA evalúa y califica proyectos o actividades particulares que se encuentran emplazados en una ubicación particular y no le corresponde, por ejemplo, el análisis de ubicaciones alternativas. En este sentido, el SEIA se basa y requiere de la existencia de normativa de primer y segundo orden, como instrumentos de ordenamiento territorial, necesario que el país desarrolle y ponga como prioridad.
- El Centro de Políticas Públicas de la Universidad Católica (PUC), por su parte, planteó en 2018 que “a pesar de ser un instrumento operativo, el SEIA se encuentra regularmente en el centro de la atención cuando se producen conflictos socioambientales vinculados a proyectos de inversión. En gran parte, las críticas que emergen apuntan al excesivo peso de influencias políticas en instancias decisivas del proceso, que conducen a una aprobación o rechazo. Como consecuencia, se configura desde diversos sectores la demanda por un sistema que suprima los espacios para los actores políticos, con el fin de que las decisiones sean tomadas por los expertos técnicos, aspirando a que con ello se gane un grado de imparcialidad del cual hoy el sistema carece”²⁶.

Más adelante en este capítulo se aborda el proyecto de ley de reforma al SEIA, antes citado, que, a la fecha, está siendo examinado en detalle por la Comisión de Medio Ambiente y Recursos Naturales de la Cámara de Diputados, proyecto que habría internalizado algunas de las recomendaciones de las comisiones anteriores pero que, igualmente, ha recibido algunas críticas.

Sin embargo, cabe señalar que buena parte de las críticas que aquí se han reproducido siguen vigentes y no han sido internalizadas en el proyecto de reforma como lo muestra la declaración pública de seis organizaciones no gubernamentales y 53 personas naturales respecto al proyecto de reforma sometido en junio 2019²⁷. Se destacan algunos aspectos relevantes de dicha declaración. Sus firmantes, no obstante reconociendo que el proyecto trae aportes positivos al SEIA, plantean que el modelo propuesto no es suficiente para prevenir conflictos y tampoco contribuye a aumentar la certeza jurídica de quienes invierten en los proyectos. La propuesta de participación del proyecto de reforma del SEIA mantiene un esquema de participación tardía, de baja incidencia. El proceso de evaluación se abre a la participación cuando ya las principales decisiones del proyecto en cuanto a ubicación, diseño y tecnología ya han sido tomadas.

Por otra parte, estiman que el haber eliminado la propuesta de participación temprana que se incorporaba en la versión original del proyecto “pone en jaque los aspectos positivos de esta reforma” y que “tal como está ahora, se sigue invitando a la judicialización, la cual afecta a todos los sectores involucrados: a los inversionistas, al propio Poder Judicial y a las comunidades”. Agregan que el proyecto “lejos de mejorar las condiciones de participación podría incluso profundizar quiebres y continuar redirigiendo reclamos a los Tribunales Ambientales, sin ofrecer instancias previas de mediación de conflictos y espacios que permitan la generación de mejoras en los proyectos”. Declaran que “diversos estudios dan cuenta de que el actual sistema no es ni eficiente ni eficaz en resolver la conflictividad territorial y produce frustración tanto en comunidades como en titulares de proyectos de inversión”.

2.1.3.2 Proyecto de Ley que Reforma el Sistema de Evaluación Ambiental

No obstante, como se ha anticipado, el proyecto en cuestión está recién siendo analizado en particular en la Comisión de Medio Ambiente y Recursos Naturales de la Cámara de Diputados y, por lo tanto, sujeto a cambios, se transcribe a continuación, como una introducción al proyecto en referencia y a la perspectiva del Gobierno, el capítulo sobre contenidos del Mensaje Presidencial a la Cámara de Diputados²⁸.

25 Seminario organizado por el Grupo Asesor en Medio Ambiente (GAMA) y el apoyo del Centro de Ecología Aplicada y Sustentabilidad (*Center of Applied Ecology & Sustainability* - CAPES) y el Programa de Derecho y Medio Ambiente, todos de la PUC. Septiembre 2017.

26 Centro UC de Políticas Públicas en “Reforma al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental: Aportes a la Discusión”. Observatorio legislativo. Diciembre 2018.

27 Declaración pública respecto al nuevo proyecto del gobierno para reformar al SEIA firmada por Ciudadanía Inteligente, CODEFF, Espacio Público, Fundación Casa de la Paz, ONG Semillas de Cambio y Núcleo Milenio en Energía y Sociedad (NUMIES) y 53 personas naturales en junio 2019.

28 A la fecha – fines de agosto 2019 – el proyecto de reforma del SEIA, ya citado antes, sigue avanzando en su primer trámite constitucional en el seno de la Comisión de Medio Ambiente y Recursos Naturales de la Cámara de Diputados. El proyecto ya fue votado y aprobado en general y ahora se debate el proyecto en particular. Se sometieron más de 70 indicaciones en el plazo establecido por la Comisión (18 de julio, 2019).

Ampliar los espacios de participación ciudadana

El proyecto permite perfeccionar los espacios de participación ciudadana en materia ambiental, ya que podrá realizarse en todos los procesos de evaluación ambiental, sin importar que ingresen al SEIA vía Declaración o Estudio de Impacto Ambiental. De esta manera, se elimina una de las últimas restricciones existentes, que circunscribía la participación solo a las Declaraciones de Impacto Ambiental con cargas ambientales, y que fueran aceptadas como tales por parte del Servicio de Evaluación Ambiental.

Esta iniciativa también incorpora la obligación del SEA de informar y apoyar a las comunidades a través de una oferta de programas y cursos gratuitos para la comunidad, que tengan por objeto promover y facilitar la participación ciudadana en la evaluación de proyectos, en el marco del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental.

Descentralizar la toma de decisiones y disminuir los plazos de tramitación

Las Comisiones Regionales se fortalecen como instancia final de decisión administrativa, al no reincorporar la creación de las Macrozonas en el proyecto. Asimismo, con la eliminación del Comité de Ministros o Director Ejecutivo del SEA como instancia revisora a través del recurso de reclamación, son las Comisiones Regionales quienes tienen la última palabra administrativa, reforzando su poder y dejando las decisiones en la misma región. Estas modificaciones permiten disminuir los plazos de tramitación de los proyectos en, al menos un año, que es lo que toma la revisión de las decisiones de las Comisiones Regionales.

Aumentar el componente técnico en el SEIA

Un primer objetivo de este proyecto, es tecnificar las decisiones, disminuyendo el componente político, de manera tal que no sea una instancia política centralizada la que defina el destino de los proyectos. Para alcanzar este objetivo, se propone la eliminación de la instancia recursiva administrativa dispuesta en la ley N° 19.300. Lo anterior, porque las instancias administrativas de carácter político se han mostrado ineficientes para resolver esta clase de controversias. Por tanto, se elimina la instancia de reclamación ante el Comité de Ministros o el Director Ejecutivo del Servicio de Evaluación Ambiental, contemplándose a cambio un recurso de reclamación judicial ante los tribunales ambientales, para que sean estos órganos, creados especialmente con las condiciones jurídicas y técnicas necesarias para resolver esta clase de controversias, los llamados a resolverlas. Así, la decisión final quedará en manos de un tercero imparcial, dotado de los conocimientos necesarios, y que ha logrado reconocimiento por el trabajo que han desempeñado todos estos años.

Con todo, se establece un recurso de aclaración especial, para efectos que los proponentes de proyectos, puedan acudir ante el mismo órgano que dictó el acto, a fin de aclarar pasajes oscuros del acto administrativo y que no requieren de una revisión de fondo del asunto.

Acceso igualitario a la justicia en materia ambiental

Otra reforma tendiente a recuperar la confianza de la ciudadanía en el SEIA, es la creación de nuevos recursos que permitan someter a conocimiento de los tribunales ambientales los actos de la administración de naturaleza ambiental.

Así, se crea un recurso de reclamación directo ante los tribunales ambientales, para cualquier persona natural o jurídica que tenga el carácter de interesado conforme al artículo 21 de la ley N° 19.880, producto de la dictación de una resolución de calificación ambiental. En este caso, el plazo para presentarlo es de 30 a 40 días contados desde la notificación de la resolución. De esta forma, se consagra el recurso de reclamación ante los tribunales ambientales como la vía recursiva idónea, resolviendo las controversias suscitadas con la dictación de la ley N° 20.600 al respecto, relativas al criterio jurisprudencial de la invalidación propia e impropia.

Las críticas al proyecto de reforma

El proyecto de reforma también ha dado lugar a numerosas críticas que motivaron que la versión original del proyecto sometida en 2018 fuese modificada y reingresada a la Cámara de Diputados en junio de 2019. Ha habido numerosas indicaciones al proyecto, aportes de expertos y de grupos de interés y debates en el seno de esa Comisión y fuera de ella.

Entre los aportes y críticas tempranas al proyecto cabe destacar la minuta preparada por FIMA para contribuir al análisis crítico del proyecto de ley²⁹. Otros también se han referido críticamente al proyecto original, particularmente del medio universitario (académicas de la Universidad de Chile – Centro de Derecho Ambiental y de la Universidad Diego Portales, entre otras) así como de organizaciones no gubernamentales como la Fundación Terram. Esta última, en su minuta sobre prioridades ambientales que es necesario tratar, hacía presente que el “proyecto aborda de manera deficiente los aspectos que intenta mejorar, tales como la participación ciudadana anticipada, y muchos de los grandes problemas que tiene actualmente el proceso de calificación ambiental, como las consultas de pertinencia o las revisiones de las Resoluciones de Calificación Ambiental, ni siquiera los aborda”³⁰.

29 Observaciones al proyecto de Reforma al SEIA. FIMA, 2019.

30 Las prioridades ambientales que urge resolver. Fundación Terram, 2019.

Entre las críticas a la versión vigente del proyecto se enfatiza que se descarta, sin explicación, la instancia de participación temprana que contemplaba la versión original y que podría haberse constituido en un avance importante en la prevención de impactos ambientales negativos al permitir el diálogo con las comunidades afectadas y los grupos de interés antes de definir los aspectos centrales del proyecto, identificando sensibilidades y anticipando eventuales problemas que se podrían presentar en la tramitación durante el proceso de evaluación propiamente tal. Este aspecto así como otros aspectos asociados al proyecto reformulado de reforma del SEIA son críticamente examinados en una columna de opinión de Rodrigo Calderón en El Mostrador³¹.

También se ha sostenido que el proyecto de reforma, actualmente en la Cámara de Diputados no está alineado con las recomendaciones de la Comisión Asesora Presidencial, que tampoco ha conseguido los apoyos mínimos y que, dada la necesidad de priorizar el proyecto de Ley sobre Delitos Ambientales de modo que ya sea ley antes de la realización, en diciembre próximo, de la 25ª conferencia de las partes de la Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático, la iniciativa debiese desecharse o diferirse.³²

Finalmente, pareció de interés reproducir, a continuación en este informe, una crítica más general y de contexto al proyecto de reforma, realizada por las académicas Insunza (Universidad de Chile) y Hervé (Universidad Diego Portales) que va más allá del SEIA³³.

“Las críticas al SEIA solo serán comprendidas y bien afrontadas cuando se reconozca y se sincere que la legislación ambiental chilena, desde sus orígenes, adoptó un modelo de regulación ambiental basado en instrumentos de gestión en vez de regular los componentes ambientales propiamente tales (agua, aire, suelo, etc.). Mientras no se resuelva la falta de regulación sustantiva de dichos componentes se seguirá sobrecargando al SEIA y se profundizará la frustración entre los usuarios, pues, en rigor, no puede cumplir un objetivo para el que no fue diseñado.”

“Se suma a esto la ausencia de una legislación comprensiva de ordenamiento territorial, problema que también se ha trasladado al SEIA, intentando que este ofrezca una solución para la “competencia” por el uso del territorio. Estos problemas no se pueden resolver mediante sucesivas reformas. Lo que se necesita es adoptar una mirada integral de los instrumentos regulatorios y, por lo tanto, resolver el déficit normativo, dictándose más normas ambientales, regular el uso y aprovechamiento de los recursos naturales, definir instrumentos claros para el uso del territorio y crear mecanismos institucionales para la defensa de los intereses de los ciudadanos, entre otros.”

2.2.4. Iniciativas extra-institucionalidad ambiental

En un contexto en que se cuestiona la complejidad de las regulaciones ambientales, en particular el SEIA, los tiempos de tramitación de los proyectos que deben ingresar al sistema y la judicialización de los proyectos de inversión, desde el Ejecutivo han surgido estudios e iniciativas, fuera del ámbito institucional ambiental, orientadas a analizar dichas complejidades y simplificar las regulaciones y los trámites asociados. Cabe destacar, por una parte, el proyecto de Ley Agenda Proinversión que perfecciona textos legales con el objetivo de reducir trámites y plazos asociados a los permisos exigidos para la implementación de proyectos de inversión y entregar mayor certeza jurídica a los emprendedores, y la creación de la Oficina de Gestión de Proyectos Sustentables (GPS) del Ministerio de Economía, Fomento y Turismo orientada a agilizar la tramitación de proyectos de inversión. Por otra parte, está el análisis y propuestas de la Comisión Nacional de Productividad³⁴ (CNP) sobre la regulación del proceso de inversión pública y privada, estudio que fuera recientemente publicado.

Las tres iniciativas, sea a nivel de propuestas, generales o específicas, o de proyectos de ley que se encuentran en etapas avanzadas del trámite parlamentario, tienen o tendrán incidencia en el marco legal-institucional ambiental y están dando lugar a debates por las diferentes perspectivas que prevalecen en torno a la cuestión ambiental en el país, las perspectivas pro crecimiento y pro sostenibilidad ambiental, respectivamente³⁵. Se vuelve al tema de judicialización más adelante.

2.2.4.1 Agenda Proinversión y Oficina de Gestión de Proyectos Sustentables

En mayo 2018, el Presidente de la República, con el fin impulsar la inversión y reactivar el crecimiento del país, firma y lanza el proyecto de ley de Agenda Pro-inversión y el decreto que establece la Oficina de Gestión de Proyectos Sustentables (GPS) y anuncia doce

31 Rodrigo Calderón en “Reforma al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental: tema pendiente”, columna publicada en El Mostrador, 01/07/2019.

32 Jorge Cash en “Delitos ambientales: el proyecto previo a la COP”, columna publicada en El Pulso-La Tercera, 17/08/2019.

33 Ximena Insunza del Centro de Derecho Ambiental de la Universidad de Chile y Dominique Hervé de la Universidad Diego Portales en la columna de opinión “Expectativas frustradas: las nuevas modificaciones al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental” publicada en El Mercurio Legal, 02/07/2019.

34 La Comisión Nacional de Productividad es una institución creada por el Decreto Presidencial N° 270, del 9 de febrero de 2015. Es un ente consultivo, independiente, y autónomo. Cuenta con un consejo de ocho miembros nombrados por la Presidencia de la República por un período de tres años, de carácter técnico y transversal.

35 Es una simplificación sobre las partes en debate, partes que son reconocibles. Sin embargo, hay elementos importantes de ambas perspectivas que no son mutuamente excluyentes.

medidas que reimpulsarían los proyectos de inversión³⁶. En específico, se propone introducir modificaciones al Código de Aguas, a la Ley sobre Bases Generales del Medio Ambiente, al Decreto Ley que crea el Servicio Nacional de Geología y Minería, al Código de Procedimiento Civil, al Decreto con Fuerza de Ley sobre Concesiones Marítimas, a la Ley General de Urbanismo y Construcciones, al Decreto Ley sobre Rentas Municipales y a la Ley orgánica constitucional de bases generales de la administración del Estado.

Entre las doce medidas que anuncia el Presidente de la República, las siguientes nueve medidas tienen o podrían tener efectos en el marco jurídico-institucional ambiental vigente:

- Reducir significativamente los tiempos de aprobación de los proyectos de obras hidráulicas.
- Permitir que se constituyan garantías, prendas o hipotecas sobre los derechos de concesiones marítimas.
- Permitir que SERNAGEOMIN mantenga actualizado el Catastro de Concesiones Mineras.
- Regular la suspensión provisoria de una obra nueva, evitando que, muchas veces, demandas infundadas paralicen grandes proyectos de inversión.
- Facilitar los procedimientos administrativos para la adquisición o ejercicio de derechos, permitiendo que revisores independientes puedan hacer las inspecciones que muchas veces el sector público se demora años en hacer.
- Permitir que los planes de prevención y descontaminación puedan distinguir entre distintos tipos de fuentes contaminantes.
- Facilitar al Servicio de Evaluación Ambiental (SEA) para omitir el pronunciamiento de otros servicios cuando éstos no están fundados o cuando se encuentran absolutamente fuera de su competencia.
- Establecer un procedimiento que permita que los interesados en presentar un proyecto a evaluación ambiental puedan pedir y obtener un pronunciamiento previo de parte de la autoridad competente para saber si es pertinente dicha evaluación.
- Reforzar al Servicio de Evaluación Ambiental como una ventanilla única respecto de todos los permisos sectoriales que tenga que entregar el Estado para la evaluación de un proyecto de inversión.

Proyecto Ley Agenda Proinversión

En síntesis, las modificaciones propuestas por el Proyecto tienen como objetivo reducir trámites y plazos para el establecimiento de proyectos de inversión, otorgando mayor certeza jurídica.

El proyecto se encuentra en su segundo trámite constitucional y del trabajo en comisiones ya pasó a la sala del Senado a principios de septiembre con las siguientes modificaciones a la LGBMA:

- Con relación a la tipología de proyectos o actividades que deberán someterse al SEIA

En el caso de la letra c) del artículo 10 de la LGBMA que incorporaba a las centrales generadoras de energía mayores a 3 MW entre los proyectos que debían someterse al SEIA, el Mensaje Presidencial quitaba el límite de potencia haciéndolo depender de la tecnología. La Comisión de Hacienda del Senado confirma esta idea pero modificando el texto del literal por el siguiente: ***“Centrales o plantas generadoras de energía eléctrica, según sus magnitudes, las cuales se determinarán sobre la base de los impactos que produzca el tipo de tecnología que utilicen, comprendiendo prospecciones con fines geotérmicos, debiéndose distinguir entre energías renovables y no renovables”***.

Respecto a la letra o) del mismo artículo de la LGBMA relativo a los proyectos de saneamiento ambiental que incluye los sistemas de tratamiento y disposición de residuos industriales líquidos o sólidos, la Comisión agrega los residuos vegetales. El Mensaje Presidencial no consideraba modificación alguna a este literal.

- Con relación a las consultas de pertinencia de someterse o no al SEIA

El Mensaje Presidencial propone normalizar el procedimiento de las consultas de pertinencia sometidas al SEA incorporando un artículo 9° quáter donde, además de crear la norma, se establece que, el pronunciamiento a que se refiere el inciso anterior será siempre vinculante para efectos del seguimiento, fiscalización y sanción ambiental. La comisión, que conserva la mayor parte del texto lo modifica en cuanto a establecer explícitamente que la norma no excluye las atribuciones de la SMA ni los recursos administrativos y judiciales que procedan. El texto que propone la Comisión y que inserta como artículo 11° quáter, queda como sigue³⁷:

36 Noticias del Gobierno, en línea <https://www.gob.cl/noticias/presidente-pinera-anuncio-medidas-para-impulsar-la-inversion-poner-en-marcha-estos-proyectos-es-fundamental-para-que-chile-vuelva-a-crecer-con-fuerza/>.

37 Se transcribe in extenso considerando que el tema de las consultas de pertinencia han sido parte importante del debate en torno al SEIA como se ha mostrado en esta Tercera Parte.

“Sin perjuicio de las facultades de la Superintendencia para requerir el ingreso de un proyecto o actividad, los proponentes podrán dirigirse al Director Regional o al Director Ejecutivo del Servicio, según corresponda, a fin de solicitar un pronunciamiento sobre si, en base a los antecedentes proporcionados al efecto, un proyecto o actividad requiere someterse al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental. Asimismo, podrán dirigirse los proponentes o titulares a las mismas autoridades, en caso que requieran efectuar cambios a un proyecto, sea que cuente o no con una Resolución de Calificación Ambiental favorable, a fin de solicitar un pronunciamiento sobre si, en base a los antecedentes proporcionados al efecto, dichos cambios constituyen o no una modificación de proyecto. La respuesta que emita el Servicio deberá ser comunicada a la Superintendencia.”

“El pronunciamiento a que se refiere el inciso anterior será siempre vinculante para efectos del seguimiento, fiscalización y sanción ambiental, sin perjuicio de los recursos administrativos y judiciales que procedan, en conformidad a la ley.”

“Los antecedentes proporcionados por los proponentes o titulares de un proyecto o actividad deberán contener información actualizada, detallada y fehaciente respecto de los datos del proponente o responsable del proyecto, así como también del proyecto sometido a la consulta, sin perjuicio de las responsabilidades administrativas y judiciales que establece la ley.”

- Con relación a la lista de los permisos ambientales sectoriales

El artículo 13 de la LGBMA se refiere al reglamento en cuanto a los contenidos de las DIA y EIA y, su letra a), a la lista de los permisos ambientales sectoriales, de los requisitos para su otorgamiento y de los contenidos técnicos y formales necesarios para acreditar su cumplimiento. El Mensaje Presidencia modifica las palabras iniciales del texto del literal para incorporar las tipologías al mismo; la Comisión conserva aquello y aclara el cambio de modo que, el texto de la letra a), que queda como sigue.

“Detalle de tipologías de ingreso y lista de los permisos ambientales sectoriales, de los requisitos para su otorgamiento y de los contenidos técnicos y formales necesarios para acreditar su cumplimiento.”

- Con relación a las RCA y los permisos ambientales sectoriales

El Mensaje Presidencial introduce un nuevo inciso al artículo 24 de la LGBMA relativo a las RCA estableciendo que los PAS serán otorgados en el marco de las RCA previo pronunciamiento de aquellos organismos competentes en las materias relativas al PAS respectivo sin que, otras autoridades distintas del SEA o de la Comisión de Evaluación, puedan imponer condiciones o exigencias adicionales. La Comisión, relativiza esta idea en cuanto a que la RCA indicará cuales son los PAS mixtos que deberán ser tramitados en los respectivos organismos sectoriales poniendo, además cierto énfasis en los plazos de tramitación. El texto propuesto por la Comisión propone intercalar los siguientes dos incisos al artículo 24:

“Durante la evaluación ambiental del proyecto o actividad, el Servicio requerirá el pronunciamiento de aquellos organismos competentes en las materias relativas al permiso ambiental sectorial respectivo, a efectos de velar por el cumplimiento de los requisitos y contenidos del permiso de que se trate.

La resolución de calificación ambiental contendrá los permisos ambientales sectoriales, los que se otorgarán dentro del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental, siempre que sean compatibles con los plazos y procedimientos de éste y de acuerdo a lo señalado en el reglamento. Asimismo, indicará cuales son los permisos ambientales sectoriales mixtos que deberán ser tramitados en los respectivos organismos sectoriales.”.

- Con relación a la caducidad de las RCA

El artículo 25 ter establece que las RCA caducarán a los cinco años de la notificación de la aprobación de la misma si no se ha iniciado la ejecución del proyecto o actividad autorizada. El Mensaje propone que, alternatively, el plazo se compute desde la notificación de la última resolución de los recursos administrativos o judiciales que se hubieren interpuesto. El informe de la Comisión plantea otra opción sugiriendo el siguiente texto para el primer inciso de dicho artículo:

“La resolución que califique favorablemente un proyecto o actividad caducará cuando hubieren transcurrido más de cinco años sin que se haya iniciado la ejecución del proyecto o actividad autorizada, contados desde su notificación o desde la notificación de la última resolución de los recursos administrativos interpuestos o desde que quede firme o ejecutoriada la sentencia que se pronuncia respecto a la reclamación o sobre el o los recursos judiciales presentados, en su caso”.

- Con relación a las emisiones en el marco de planes de prevención o descontaminación

El Mensaje Presidencial elimina la frase final de la letra f) del artículo 45 de la LGBMA pero la Comisión propone sustituirla de modo que el texto de la letra f) quedaría como sigue:

“La proporción en que deberán reducir sus emisiones las actividades responsables de la emisión de los contaminantes a que se refiere el plan, la que deberá ser en directa relación a su aporte contaminante.”

Reacciones de la sociedad civil

Ha habido reacciones en el mundo ambientalista que ven en el Proyecto Proinversión una amenaza al SEIA, más aún considerando que el Gobierno también sometió a trámite parlamentario un proyecto de Ley de Reforma del SEIA que se aborda antes en este informe. La Fundación Terram, por ejemplo, preparó una minuta con observaciones al Proyecto, que plantea que, el espacio para discutir todas las modificaciones al SEIA debiese ser, precisamente, el proyecto que lo modifica y no el del Proyecto Pro Inversión donde la perspectiva es diferente. Las observaciones centrales de Terram son las siguientes:

- Visión parcializada y desnaturalizante del SEIA.

El Proyecto de Ley en referencia introduce, en su artículo 1º, una serie de modificaciones a la Ley 19.300, particularmente, a sus artículos 10, 13, 24, 25 ter y 45, incorporando además un nuevo artículo (Nº11 quáter), disposiciones que, exceptuado el artículo 45 referente al contenido de los PPDA, se enmarcan en el contexto del SEIA.

Una visión parcializada y desnaturalizante en el sentido que el Proyecto Proinversión revisará un instrumento de conservación ambiental, el SEIA, en el marco de una iniciativa de fomento a la inversión, fuera del contexto de la ley y de la institucionalidad ambiental que, en paralelo se revisa en el marco del Proyecto de Reforma del SEIA.

- Rango legal y vinculación de las consultas de pertinencia de ingreso.

Se plantea que las denominadas consultas de pertinencia, abordadas en otros apartados de esta Tercera Parte, constituyen un mecanismo que podría servir para que los titulares de proyectos puedan ampliar y/o modificar sus operaciones sin someterse nuevamente al procedimiento de evaluación de impacto ambiental y al margen de las comunidades afectadas. Por otro lado, no existe claridad respecto a la posibilidad de que la SMA pueda fiscalizar las decisiones que se tomen en las consultas de pertinencia, pudiendo.

El Proyecto de Ley Proinversión, por otra parte, dispone que lo resuelto en las consultas de pertinencias por el SEA “será siempre vinculante para efectos del seguimiento, fiscalización y sanción ambiental”, disposición que limitaría a la SMA para determinar si una determinada modificación de un proyecto debe o no ingresar al SEIA. La Fundación Terram estima que este cambio será un incentivo para que los proponentes ingresen todas sus modificaciones a consulta de pertinencia como una forma de asegurar su propuesta de inversión y restringir una posible revisión posterior de la SMA.

- Modificación a la forma de computar el plazo de caducidad de la RCA

Actualmente el artículo 25 ter de LGBMA establece que la RCA de un proyecto o actividad caducará cuando hubieren transcurrido más de cinco años sin que se haya iniciado la ejecución del proyecto o actividad autorizada, contado desde su notificación. El Proyecto en cuestión incorpora una nueva posibilidad de cómputo de este plazo estableciendo que se computará “desde la notificación de la última resolución de los recursos administrativos interpuestos o desde que quede firme o ejecutoriada la sentencia que se pronuncia respecto a la reclamación o sobre el o los recursos judiciales presentados, en su caso”. En este caso, se plantea que debería haber un mayor espacio para la revisión de las RCA, antes del inicio de la ejecución del proyecto, dado los años transcurridos entre el ingreso de proyecto evaluado y la resolución de los recursos eventualmente interpuestos.

2.2.4.2. Calidad regulatoria y permisos

El estudio al que se estará haciendo referencia en este apartado fue encargado a la CNP por la Presidencia de la República con el objetivo de realizar una revisión de los permisos requeridos para invertir en cinco sectores clave de la economía (minería, energía, infraestructura, inmobiliario, e industria) y desarrollar propuestas de simplificación de los trámites requeridos que hicieran más eficiente y expedito el proceso de obtención de dichos permisos sin reducir el nivel de exigencias y la protección que la norma demanda.³⁸

Efectivamente, como lo señala la CNP, en los últimos 30 años se ha construido un sistema regulatorio cada vez más abarcador, que busca proteger bienes superiores como la vida y la salud de los ciudadanos, el medio ambiente y el patrimonio biológico, social e

38 Calidad Regulatoria en Chile: Una Revisión de Sectores Estratégicos, CNP, septiembre 2019. Para reaalizar el estudio la CNP recurrió a los principales actores involucrados en la tramitación de proyectos (25 organismos públicos, 60 empresas y 20 gremios que representabann a más de 3 mil empresas, y a consultoras especializadas.

histórico³⁹. Esta expansión regulatoria, ha sido explosiva y ha impuesto una carga adicional sobre los servicios públicos y sobre los titulares de proyectos de inversión. Un sistema engorroso, según la CNP, el más complejo entre los países de la OCDE. No está claro para la CNP si los beneficios de algunas normas compensan los costos que imponen al Estado, las empresas y la sociedad.

La forma en que se implementan las regulaciones – más allá de la norma y sus exigencias – puede afectar las decisiones de los titulares de proyectos de inversión. En el mejor de los casos, los problemas observados, pueden llevar a retrasos o a la elección de una tecnología atrasada para el desarrollo del proyecto y, en el peor de los casos, a la suspensión del proyecto.

Un caso extremo que presenta la CNP, pero ilustrativo de la ineficiencia del sistema regulatorio, es el de un proyecto minero de explotación. Requiere 24 meses para tramitar una concesión y 100 meses adicionales para iniciar la operación, es decir casi diez años de trámites. En este caso, dos permisos explican más de la mitad del plazo: la RCA que toma unos 28 meses y, el permiso de obras hidráulicas mayores (un permiso ambiental sectorial), 48 meses adicionales. Ambos permisos deben ser tramitados secuencialmente, lo que implica, en promedio, 76 meses de tramitación, o seis años y medio. La demora es igualmente larga en proyectos de menor tamaño, riesgo y complejidad, incluso en proyectos inmobiliarios o industriales que se desarrollan en zonas urbanas y dentro del plano regulador comunal que requieren, en promedio, dos años y medio y tres años y medio, respectivamente, de tramitación.

Priorización de permisos

El estudio de la CNP permitió identificar 400 permisos distintos cuya aprobación es condición necesaria para desarrollar quince proyectos de inversión tipo para cada uno de los cinco sectores económicos bajo consideración. En promedio cada proyecto requiere 147 permisos, siendo minería el sector con mayores requerimientos (59 permisos para explorar pertenencias y 213 permisos para operar). En el otorgamiento de estos 400 permisos participan 53 entidades, siete de ellas concentran más de la mitad de los permisos y nueve participan en las quince categorías de proyectos analizados. En el cuadro 2.7 se presentan los cinco sectores estratégicos definidos y los quince proyectos tipo.

Cuadro 2.7 Estudio de Calidad Regulatoria: Sectores estratégicos y proyectos tipo definidos				
Minería	Energía	Infraestructura	Inmobiliario	Industria
Exploración	Generación Hidroeléctrica	Hospital de Alta Complejidad	Edificio Habitacional	Planta Agroindustrial
Explotación	Generación ERNC	Línea de Metro		Planta Celulosa
	Transmisión	Carretera		Planta Desaladora
				Planta Química
				Planta de Tratamiento de Aguas Servidas
				Centro de Cultivo Acuicola

FUENTE: Tabla 3.1 del estudio “Calidad Regulatoria en Chile: Una Revisión de Sectores Estratégicos”, CNP, Septiembre 2019

Para desarrollar un análisis en profundidad, la CNP priorizó un conjunto de permisos sobre la base de dos criterios: i) que incorporen permisos críticos para el desarrollo de proyectos que requieren de tramitación más compleja, demandando más tiempo y recursos; y ii) que incorporen un conjunto de permisos representativos de los cinco sectores involucrados, así como de los servicios públicos que participan en su otorgamiento. De este modo, fueron seleccionados 23 permisos, considerados críticos, en función del flujo de procesos requeridos para su tramitación, los tiempos involucrados, la norma que los sustenta y la idoneidad de sus definiciones, requisitos y actividades, como principales criterios. A lo menos 14 de estos permisos tienen carácter ambiental. (En el cuadro anexo 1.8 se identifican los 23 permisos prioritarios.)

En este estudio se aplica la expresión permiso más allá de autorización o consentimiento e incluye solicitudes, consultas y requisitos exigibles para realizar un proyecto de inversión, como un trámite más. Podría cuestionarse, por ejemplo, la inclusión de la consulta de pertinencia ya que no es exigible ni necesaria y sólo obedece a alguna duda del titular. En torno al 90% o más de las respuestas a las consultas sometidas al SEA informan que el proyecto o modificación del proyecto respecto al cual se hace la consulta no requiere ingresar al SEIA. El CNP, sin embargo, estima que la consulta de pertinencia es percibida como un elemento clarificador, que otorga certeza jurídica a los titulares y a otros servicios, respecto de un proceso tan relevante como la evaluación ambiental⁴⁰.

39 En lo que sigue de este apartado, salvo indicación en contrario, el estudio de la CNP será la fuente principal.

40 El proyecto de Ley Proinversión como se informara antes en esta Tercera Parte, plantea que la consulta de pertinencia sea normada e incorporada explícitamente a la LGBMA.

Del análisis de los 23 permisos priorizados surgieron 47 hallazgos a partir de los cuales, el estudio plantea variadas recomendaciones, que no serán tratadas aquí, tanto con relación al proceso requerido para su otorgamiento como a las normas que le dan origen.

Los tiempos de tramitación

Con relación al sistema de otorgamiento de permisos, con 38 hallazgos, el estudio concluyó que el sistema es poco eficiente y presenta una creciente incerteza jurídica. Los problemas de eficiencia se manifiestan principalmente en el incumplimiento generalizado de los plazos para su otorgamiento, resultado de procesos obsoletos, baja digitalización, mínima trazabilidad, variabilidad y discrecionalidad en criterios, descoordinación entre servicios, y múltiples iteraciones debido, entre otras cosas, a la baja calidad de la información entregada por los titulares de los proyectos.

En cuanto a los plazos de tramitación hay debilidades de gestión importantes. Únicamente el SEA registra la proporción de tiempo en que el permiso está siendo procesado por terceros, sean otros servicios o el titular. Ningún servicio cuenta con un flujo de procesos actualizado de las actividades que lleva a cabo en la tramitación de permisos ni tampoco de los recursos humanos o materiales necesarios. En seis servicios la información fue obtenida y procesada por vez primera por CNP, para efectos del estudio en referencia. Esto impide jerarquizar adecuadamente las causas detrás del tiempo excesivo de tramitación y tomar las medidas para elevar la eficiencia en el proceso.

Solo 13 de los 23 permisos priorizados contemplan en su normativa un plazo específico para su tramitación. De acuerdo con la evidencia analizada, en todos ellos, el plazo real de otorgamiento supera al plazo legal. De los diez permisos priorizados que no tienen un plazo de tramitación específico asignado, cuatro demoran más de seis meses. Salvo en el caso de la RCA, en ningún permiso es posible establecer la proporción del tiempo de tramitación en que el permiso está siendo analizado por el titular. Ello impide identificar con claridad el plazo efectivo en que el permiso está en manos del SEA y si este corresponde a lo establecido en la normativa. Por otra parte, de las entidades involucradas en la tramitación de permisos priorizados, solo el SEA dispone de mecanismos de trazabilidad digital en todas sus autorizaciones.

La CNP en consulta con empresas y servicios, definió cinco causas principales que explican los plazos excesivos: i) ausencia de definición normativa respecto de plazos; ii) falta de recursos humanos y materiales; iii) incentivos desalineados; iv) baja coordinación entre servicios; y v) baja calidad de información proporcionada por el titular.

Los tiempos efectivos de tramitación de los proyectos de inversión exceden entre 2 y 5 veces los plazos legales establecidos. De los 23 permisos analizados, 20 presentan retrasos respecto del plazo legal o bien carecen de plazos definidos (véase el cuadro anexo 1.9 donde se ilustran los tiempos legales y efectivos de tramitación de los 23 permisos priorizados en el estudio).

Falta de recursos humanos y materiales

Existen importantes brechas de recursos que ralentizan la tramitación de permisos, especialmente por la baja digitalización en los servicios. Si bien 16 (70%) de los 23 permisos priorizados disponen de información en línea respecto a sus requisitos (aunque con dispar nivel de actualización), solo 4 (17%) permiten tramitar digitalmente. En algunos casos la normativa estipula expresamente la necesidad de una tramitación física.

De las entidades encargadas de tramitar los 23 permisos priorizados, apenas seis cuentan con algún mecanismo de trazabilidad, la cual no es siempre generalizada a todos los permisos. Solo el SEA dispone de mecanismos de trazabilidad digital en todas sus autorizaciones.

Certeza jurídica

En el ámbito de la regulación y tramitación de proyectos de inversión, la certeza jurídica se refiere a la percepción que tienen los inversionistas, funcionarios públicos y otros miembros de la comunidad respecto a las condiciones necesarias para obtener un permiso, así como de los derechos y obligaciones que de él emanan, y la confianza en que estas reglas serán generalmente observadas. En esta línea, la CNP identificó dos tipos de problemas: i) las condiciones de estabilidad y ii) la previsibilidad.

Con relación a la estabilidad, el adecuado funcionamiento de la regulación tiene como condición necesaria el que los permisos gocen de un grado adecuado de estabilidad una vez otorgados conforme a derecho. Se requiere que, en caso de una posterior revisión o revocación, sea por vía administrativa o judicial, las causales, oportunidad y efectos, sean claramente determinados en la propia norma.

Un primer aspecto que resta estabilidad a los permisos es el de los mecanismos de impugnación aplicables y, en particular, la inexistencia de una única o principal acción administrativa o judicial destinada a objetar la legalidad de la gran mayoría de los permisos, materia

del presente estudio. Este hecho no ha impedido que los permisos sean reclamados lo que ha dado lugar a múltiples recursos, tanto por medio de los propios servicios públicos, como por medio de los tribunales de justicia. Un segundo aspecto de inestabilidad, que no se examinará en este informe, se refiere a la potestad invalidatoria de la administración, un mecanismo de revisión de juridicidad de ciertos actos⁴¹.

Con relación a la previsibilidad, la expectativa del titular es ue, siguiendo los criterios y exigencias que la propia norma determine, se obtenga un determinado resultado, por ejemplo, el otorgamiento de un permiso necesario para desarrollar un proyecto de inversión. Una dificultad reiterada a la hora de desarrollar proyectos de inversión está asociada a la imprevisibilidad respecto de la decisión de la Administración en relación al otorgamiento de los permisos. Se habría observado que, para casos similares, se aplican criterios diversos, lo que atenta contra el fundamento esencial para cualquier sistema normativo que requiere que las reglas que lo componen existan con antelación al comportamiento que regulan y no que broten con posterioridad a él. Es decir, se requiera seguir criterios previos, anticipados y previsibles.

3. FISCALIZACIÓN AMBIENTAL

3.1 SUPERINTENDENCIA DE MEDIO AMBIENTE

3.1.1 Antecedentes

La Superintendencia de Medio Ambiente (SMA) fue creada por la Ley 20.417 como un servicio público funcionalmente descentralizado, dotado de personalidad jurídica y patrimonio propio, sometido a la supervigilancia del Presidente de la República a través del Ministerio del Medio Ambiente y afecta al Sistema de Alta Dirección Pública.⁴² Es responsable de ejecutar, organizar y coordinar el seguimiento y fiscalización de las resoluciones de calificación ambiental, de las medidas de los planes de prevención y de descontaminación ambiental, del contenido de las normas de calidad ambiental y normas de emisión, y de los planes de manejo, cuando corresponda, y de todos aquellos otros instrumentos de carácter ambiental que establezca la ley. La SMA tiene un rol tanto fiscalizador como de sanción.⁴³

Los organismos sectoriales que cumplan funciones de fiscalización ambiental, que no sean de competencia de la Superintendencia, deberán adoptar y respetar todos los criterios que la Superintendencia establezca en relación a la forma de ejecutar las actuaciones de fiscalización, pudiendo solicitar a ésta que se pronuncie al respecto. Además, tiene la facultad exclusiva de aplicar sanciones frente a un incumplimiento de dichos instrumentos.

En síntesis, los organismos sectoriales son incompetentes para fiscalizar los instrumentos de gestión ambiental fiscalizables por la SMA; no obstante, sectorialmente se mantiene dicha acción bajo un sistema de programación y subprogramación.⁴⁴

Para cumplir con las responsabilidades que se le asignan, la Ley 20.417 entrega un gran número de atribuciones a la SMA – 22 exactamente más “las demás funciones y atribuciones que le asigne la ley” – que cubren los ámbitos de la fiscalización, de la sanción, de la información y de la promoción del cumplimiento⁴⁵.

Para llevar a cabo las funciones que se le asignan, la Superintendencia puede adoptar tres modalidades de fiscalización. En primer lugar, a través de sus propios funcionarios; en segundo lugar, a través de los organismos sectoriales, pudiendo encomendarles determinadas labores de fiscalización sobre la base de los programas y subprogramas que se definirán en conjunto para tal efecto y, finalmente, mediante terceros debidamente acreditados y autorizados por la Superintendencia.

Con relación a la gestión, en una perspectiva de 2017, se ha planteado que el modelo centralizador trasladó a la SMA una enorme carga laboral con una dotación funcionaria reducida que, aunque se expandió, sigue siendo reducida. No obstante, el hecho de que la subprogramación de los servicios sectoriales, en el caso de la fiscalización, permita un despliegue territorial de la SMA, incluyendo sus oficinas regionales y el equipamiento y otros apoyos externos, esta mayor capacidad no ha sido acompañada con el mismo potencial de procesamiento de infractores.⁴⁶

41 El estudio sobre Calidad Regulatoria de la CNP abunda en consideraciones relativas a esta potestad invalidatoria de la Administración.

42 El artículo segundo de la Ley 20.417 (2010) que crea Superintendencia del Medio Ambiente se constituye en su Ley Orgánica.

43 Estos y otros conceptos en este apartado, salvo indicación en contrario, han sido tomados del portal internet de la SMA [https://portal.sma.gob.cl/index.php/que-es-la-sma/\(en línea, agosto 2019\) y/o de la Ley Orgánica de la SMA](https://portal.sma.gob.cl/index.php/que-es-la-sma/(en%20linea,%20agosto%202019)%20y/o%20de%20la%20Ley%20Orgánica%20de%20la%20SMA).

44 Fiscalización, sanción y control ambiental en Chile - Diagnóstico y propuestas para la Superintendencia del Medio Ambiente y Tribunales Ambientales por Kay Bergamini y otros. 2017.

45 Artículo 3º de la Ley Orgánica de la SMA (artículo segundo de la Ley 20.417).

46 Kay Bergamini y otros en documento citado.

La SMA declara que su misión es “Proteger el medio ambiente y la salud de las personas, asegurando el cumplimiento de la normativa ambiental” y su visión la de “un país responsable con su medio ambiente”. Se ha propuesto alcanzar los siguientes objetivos estratégicos en el período 2019-2022⁴⁷:

- Fortalecer la fiscalización de instrumentos de gestión ambiental con base en la evaluación del riesgo ambiental, la mirada territorial en función del despliegue institucional y la coordinación de las competencias ambientales del Estado.
- Mejorar la gestión en cuanto al fundamento técnico y legal de la respuesta sancionatoria, así como en la oportunidad para emitir la resolución sancionatoria y la que se pronuncia sobre el programa de cumplimiento, logrando un aumento en el efecto disuasivo que debe generar la actividad de la SMA, sobre los sujetos regulados.
- Facilitar el acceso a la información relacionada con la fiscalización ambiental, a través del Sistema Nacional de Fiscalización Ambiental (SNIFA), y la implementación de tecnologías que apoyen los objetivos y procesos de la SMA.

Los productos asociados a los objetivos estratégicos enunciados son, respectivamente, los programas y subprogramas de fiscalización, las bases metodológicas para la determinación de sanciones y el Sistema Nacional de Información sobre Fiscalización Ambiental (SNIFA).

La Superintendencia se estructura en seis divisiones para cumplir sus objetivos: Recursos Naturales y Biodiversidad, Información y Economía Ambiental, Calidad del aire y Cambio Climático, Educación Ambiental y Participación Ciudadana, Administración y Finanzas y Jurídica.

Un diagnóstico abarcador del sistema de fiscalización, sanción y control vigente, observado en 2017 por un grupo de investigadores, es el del estudio citado “Fiscalización, sanción y control ambiental en Chile - Diagnóstico y propuestas para la Superintendencia del Medio Ambiente y Tribunales Ambientales” de Kay Bergamini y otros. Dicho estudio realiza una síntesis que se reproduce en el anexo 3.

3.1.2 Programas y subprogramas de fiscalización

Para llevar a cabo su función fiscalizadora, la SMA elabora anualmente programas y subprogramas enfocados en los instrumentos de carácter ambiental. Al efecto, se ha desarrollado la Red Nacional de Fiscalización Ambiental (RENFA) con la finalidad de fortalecer el modelo de fiscalización ambiental creado por la Ley N°20.417 mediante un uso eficiente, eficaz y coordinado de las capacidades de fiscalización de los organismos con competencias ambientales a nivel nacional⁴⁸.

Los programas establecen el número de actividades de fiscalización ambiental que se ejecutarán en un año calendario mientras que, los subprogramas, definen las actividades de fiscalización para cada organismo sectorial competente. Para el período noviembre 2012-diciembre 2018, se registran 54 resoluciones de programas y subprogramas.⁴⁹

Para el desarrollo de las actividades de fiscalización, la Superintendencia debe establecer, anualmente, los siguientes programas y subprogramas:

- Los programas de fiscalización de resoluciones de calificación ambiental para cada región, incluida la Metropolitana.
- Los subprogramas sectoriales de fiscalización de resoluciones de calificación ambiental, donde se identificarán las actividades de fiscalización para cada servicio u organismo sectorial competente.
- Los programas de fiscalización de los planes de prevención y de descontaminación para las diversas regiones donde se hayan definido.
- Los subprogramas de fiscalización de planes de prevención y de descontaminación, donde se identifiquen las actividades de fiscalización de cada servicio u organismo sectorial competente.
- Los programas de fiscalización de las normas de calidad y normas de emisión en cada región, incluida la Metropolitana.
- Los subprogramas sectoriales de fiscalización de las normas de emisión, en los que se identificarán las actividades de fiscalización de cada servicio u organismo sectorial competente.
- Otros programas y subprogramas que, de conformidad a las instrucciones impartidas por la Superintendencia o lo dispuesto en

47 En línea, <https://portal.sma.gob.cl/index.php/que-es-la-sma/>, enlace con Misión/Visión. Agosto 2019.

48 Estrategia de fiscalización ambiental 2018-2023 de la SMA publicada en julio 2018.

49 En línea, <http://snifa.sma.gob.cl/v2/Resolucion/Programa>. Agosto 2019. Cabe señalar que la entrada en vigencia de las potestades fiscalizadoras y sancionatorias de la SMA sólo ocurre a partir del 28 de diciembre de 2012, fecha en la cual entró en funcionamiento el Tribunal Ambiental de Santiago, según dispuso el artículo noveno transitorio de la Ley N° 20.417.

la ley N° 19.300 u otros cuerpos legales, den origen a actividades de fiscalización en materia medio ambiental, de competencia de la Superintendencia.

- Bases metodológicas para la determinación de sanciones⁵⁰

Estas bases, expresadas en un documento vigente desde enero 2018 cuya primera versión fue publicada en 2015, surgen como una respuesta estratégica a las necesidades que impone la ley orgánica a la SMA; permiten la fundamentación de las determinaciones adoptadas en materia sancionatoria y constituyen una herramienta analítica cuyo principio fundamental es la búsqueda de coherencia, consistencia y proporcionalidad en la aplicación de sanciones, potenciando el efecto disuasivo de las mismas. Son un instrumento de apoyo a la toma de decisiones y una referencia útil para efectos de la definición de la sanción a aplicar en un caso concreto, considerando las circunstancias específicas y particulares de cada caso, a partir de su análisis objetivo mediante criterio experto.

La actualización en referencia incorpora una actualización de aspectos conceptuales y metodológicos relevantes, producto de la experiencia adquirida en su aplicación y de la jurisprudencia establecida durante la vigencia de dos años de la primera versión.

- Sistema Nacional de Información sobre Fiscalización Ambiental

Una de las responsabilidades significativas de la SMA es la administración del Sistema Nacional de Información de Fiscalización Ambiental (SNIFA), de acceso público. En el marco del SNIFA se sistematiza toda la información relevante relativa a los instrumentos, y procedimientos asociados que la SMA debe fiscalizar (resoluciones de calificación ambiental, planes de prevención y de descontaminación, procesos sancionatorios, fiscalización de normas, etc.). Por otra parte, la Ley establece que el Servicio de Evaluación, Ambiental, los organismos sectoriales con competencia ambiental, los titulares de las Resoluciones de Calificación Ambiental y los demás sujetos a fiscalización deben remitir la información pertinente directamente a la Superintendencia sin necesidad de requerimiento alguno por parte de ésta, de acuerdo con el reglamento respectivo⁵¹. En el anexo 3 se detallan las categorías de información que se manejan en el marco del SNIFA y los insumos que los servicios y sujetos a fiscalización de remitir a la SMA.

- Estrategia de Fiscalización 2018-2023

En 2018 la SMA publicó la Estrategia de Fiscalización 2018-2023 de la SMA que incorpora un diagnóstico a la fecha⁵². La Estrategia gira en torno a cuatro lineamientos: i) robustecer el modelo de fiscalización ambiental; ii) modernizar el seguimiento ambiental; iii) reforzar la rectoría técnica e iv) incentivar el cumplimiento ambiental y las herramientas de corrección temprana.

3.2. COMPLEJIDAD Y ALCANCES DE LA FISCALIZACIÓN AMBIENTAL

El proceso de fiscalización ambiental reviste una gran complejidad operativa derivada no solamente de la variedad de instrumentos cuya implementación y cumplimiento debe ser fiscalizada (resoluciones de calificación ambiental, normas de emisión, planes de prevención y/o descontaminación, programas de cumplimiento y ahora, además, de los impuestos verdes) sino, además en la diversidad de empresas a fiscalizar que deben cumplir con dichos instrumentos (distintos rubros y tamaños, desde corporaciones internacionales hasta empresas familiares y personas naturales).

Como lo destaca la Estrategia 2018-2023 de la SMA, no sólo existe un complejo gran universo de regulados, sino que también cada instrumento a fiscalizar tiene sus propias complejidades y debilidades.

3.2.1 Unidades fiscalizables

Para dar cuenta de la complejidad de la tarea de fiscalización, la SMA creó las unidades fiscalizables (UF) para representar el sujeto de fiscalización y el conjunto de los instrumentos que le afectan. En este marco se realiza una constante identificación y vinculación de los diversos instrumentos de carácter ambiental convergentes.

Otro de los análisis fue el de la distribución territorial y sectorial de los proyectos determinándose que la mayor concentración de las UF se ubican en las regiones Metropolitana, de Los Lagos y De Aysén y que, el 27% del universo de UF, corresponden al sector de Pesca y Acuicultura, el 12% a Equipamiento, principalmente relacionados a fiscalizaciones de normas de emisión y planes de prevención y descontaminación ambiental, y que los sectores de Saneamiento Ambiental e Inmobiliario representan cerca de un 8% cada uno, mientras que Minería, Agroindustria y Energía figuran con aproximadamente el 6% del total del universo de UF, cada uno. (Véase figura 3.1).

50 Bases metodológicas para la determinación de sanciones ambientales, actualización 2017, SMA.

51 Reglamento del Sistema Nacional de Información de Fiscalización Ambiental y de los Registros Públicos de Resoluciones de Calificación Ambiental y de Sanciones aprobado por el DS 31 de febrero 2013. SMA.

52 Estrategia de fiscalización ambiental 2018-2023 de la SMA citada.

Figura 3.1 Unidades fiscalizables por región y por sector productivo^a Período 2013-2019 (en número y porcentaje)



^a Incluye 16.212 RCA (100% aprobadas y asociadas a unidades fiscalizables).

Fuente: Sistema Nacional de Información de Fiscalización Ambiental (SNIFA), en línea http://snifa.sma.gob.cl/v2/Estadisticas/Resultado/5_agosto_2019.

3.2.2 Expedientes de fiscalización

En el período 2013-2019 (hasta junio) la SMA había finalizado 23.532 expedientes de fiscalización correspondientes a actividades de fiscalización, con y sin hallazgos, realizadas en 2.541 unidades fiscalizables. Solo se consideran las actividades con hallazgos sancionados (excluye expedientes en proceso de evaluación). Hay una disminución significativa de expedientes a partir de 2017 atribuible al hecho de que, a partir de este año, los expedientes pueden incluir más de una actividad de fiscalización.

En el período, se fiscalizaron 19.662 normas de emisión, 1.127 RCA y 2.743 otros instrumentos de regulación. Sólo 15,6% de los expedientes concluyeron con hallazgos que fueron sancionados.

La región con mayor número de fiscalizaciones es Los Lagos con 17,5% seguida por la Región Metropolitana con 2,2%. En torno al 10% cada una figuran O'Higgins, Maule y Araucanía y, próximas al 6% cada una, Biobío, Los Ríos y Valparaíso. Para un 5% de los expedientes no habría información. Por otro lado, los sectores con mayor número de expedientes son Pesca y Acuicultura con 29,6% y Agroindustria con 26,2%; el sector Forestal es el que registra el menor número de fiscalizaciones con sólo 2% de los expedientes.

Se reproduce, como figura anexa 4.1, una síntesis gráfica de los resultados del proceso de fiscalización para el período en referencia, publicada por el SNIFA.

3.2.3 Sanciones y Programas de Cumplimiento

El marco regulatorio de la SMA permite que las empresas, una vez que han recibido una formulación de cargos, puedan optar por dos vías. Una opción es optar por descargos hasta que se finalice el proceso con una sanción. Estos casos suman multas por US\$ 85 millones entre 2013 y 2018. La otra opción son los Programas de Cumplimiento⁵³, que buscan el desarrollo de acciones que corrijan el comportamiento del infractor, suman US\$ 316 millones en inversión para el mismo período.⁵⁴

3.2.4 Resoluciones de Calificación Ambiental

En el marco del diagnóstico que sustenta la Estrategia de Fiscalización citada se realizaron análisis generales y de detalle, que identificaron, por ejemplo, que el 83% de los proyectos cuentan con una única RCA, que el 15% está regulado por entre 2 a 5 RCA, y que existe un grupo minoritario, el 2%, que cuentan con más de 6 RCA (mayoritariamente del sector Minería), existiendo incluso Unidades Fiscalizables con hasta 53 RCA aprobadas, con tasas de aprobación anual de 2 RCA.

53 El artículo 42 de la Ley Orgánica de la SMA (artículo segundo de la Ley 20.317) establece que, "Iniciado un procedimiento sancionatorio, el infractor podrá presentar en el plazo de 10 días, contado desde el acto que lo incoa, un programa de cumplimiento. Para estos efectos se entenderá como programa de cumplimiento, el plan de acciones y metas presentado por el infractor, para que dentro de un plazo fijado por la Superintendencia, los responsables cumplan satisfactoriamente con la normativa ambiental que se indique."

54 Cuenta Pública 2018 de la SMA, nota en línea, <https://portal.sma.gob.cl/index.php/2019/05/23/sma-presenta-su-cuenta-publica-2019/>, agosto 2019.

En el caso de las RCA, en el diagnóstico que incluye dicha estrategia, se informa de la existencia de un número relevante que calificaría para requerir la caducidad de su licencia ambiental, así como casos en que las RCA podrían ser revisadas porque las variables de seguimiento del proyecto han cambiado significativamente respecto a la evaluación original⁵⁵. Si estas situaciones son corregidas sería posible reducir el universo de las RCA vigentes y, posiblemente, de las unidades fiscalizables, perfeccionado así el modelo de priorización para la generación de los programas y subprogramas de fiscalización ambiental.

En el universo de las casi 16.000 RCA se identificaron varios puntos críticos respecto de los contenidos mínimos que se requerirían para poder fiscalizarlas adecuadamente y que afectan la eficacia de la SMA⁵⁶. En el diagnóstico en referencia se destaca que:

- 62% de los compromisos de seguimiento ambiental provienen de DIA y, sin embargo, por definición, las DIA no debiesen incorporar medidas de seguimiento;
- 35,2% no presentan límites con los cuales evaluar la variable ambiental;
- 35,7% no definen medidas en el caso de superar los límites establecidos;
- 14,6% no establecen una frecuencia del muestreo;
- 8,3% no indican los puntos de muestreos; y
- 3% no establecen los parámetros a muestrear.

3.2.5 Planes de Prevención y/o Descontaminación ambiental

En el caso de los PPDA, la complejidad radica en la aprobación de planes con medidas difíciles de verificar y/o fiscalizar, y con plazos no acordes con el incremento en la disponibilidad de recursos que implican dichos plazos. También habría sido recurrente el hecho de que los nuevos planes no incluyan el catastro de fuentes que deben estar disponibles o estar identificadas para dar cumplimiento a las obligaciones que, para la SMA, emanan de los PPDA. Estas situaciones han afectado negativamente el trabajo de la SMA.

4. JUSTICIA AMBIENTAL

4.1 LOCALIZACIÓN, CONFORMACIÓN Y OPERACIÓN ⁵⁷

El 18 de junio de 2012, se promulgó la Ley 20.600 que crea los Tribunales Ambientales, publicada en el Diario Oficial el 28 de junio de 2012, definiéndolos como “*órganos jurisdiccionales especiales, sujetos a la superintendencia directiva, correccional y económica de la Corte Suprema, cuya función es resolver las controversias medioambientales de su competencia y ocuparse de los demás asuntos que la ley somete a su conocimiento*”.

Se crearon tres tribunales ambientales, autónomos e independientes unos de otros, con jurisdicciones geográficas definidas: Primer Tribunal Ambiental, con asiento en la comuna de Antofagasta y jurisdicción en la macrozona norte del país (regiones de Arica y Parinacota, Tarapacá, Antofagasta, Atacama y Coquimbo); Segundo Tribunal Ambiental, con asiento en Santiago y jurisdicción en la macrozona centro (regiones de Valparaíso, Metropolitana, Libertador General Bernardo O’Higgins y Maule), y Tercer Tribunal Ambiental, con asiento en Valdivia y jurisdicción en la macrozona sur (regiones de Biobío, La Araucanía, los Ríos, Los Lagos, Aysén del General Carlos Ibáñez del Campo y Magallanes y La Antártica Chilena).

Es importante destacar este criterio descentralizador que prevaleció en la Ley 20.600 al crear tribunales autónomos distribuidos geográficamente con el fin de dar mayor acceso a la justicia ambiental permitiendo, además, que las demandas y reclamaciones puedan ser interpuestas ante los tribunales ordinarios de todo el territorio jurisdiccional, sin necesidad de que los intervinientes se trasladen a la ciudad sede de cada tribunal.

El 4 de marzo de 2013 se pone en marcha el Tribunal Ambiental de Santiago, el 7 de octubre del mismo año el Tribunal Ambiental de Valdivia y, recién el 10 de octubre de 2017, el Tribunal Ambiental de Antofagasta. El Tribunal Ambiental de Santiago tuvo jurisdicción en todo el territorio nacional mientras se constituían y ponían en marcha los tribunales de Valdivia y Antofagasta, respectivamente.

Cada tribunal está integrado por tres ministros, dos de ellos abogados y el tercero licenciado en ciencias con especialización en materias medioambientales. Cada tribunal debe contar, además, con dos ministros suplentes, uno abogado y el otro licenciado en ciencias. Los ministros del Tribunal Ambiental son nombrados por el Presidente de la República, con acuerdo de una mayoría de tres quintos del Senado, a partir de una quina que le es enviada por la Corte Suprema.

55 Posibilidad que contempla el artículo 25 quinquies de la LGBMA.

56 En el cuadro anexo 4.1 se presenta la distribución de las RCA por región.

57 Portales internet de los tribunales ambientales de Antofagasta <https://1ta.cl>, Santiago www.tribunalambiental.cl y Valdivia <https://3ta.cl>. En línea. Agosto 2019.

La Ley 20.600, que crea los tribunales ambientales, asigna la calidad de jueces a los profesionales del área de las ciencias que integran los tribunales ambientales. Esta integración mixta de los tribunales ambientales ha sido un aporte relevante a la justicia ambiental permitiendo que las decisiones tengan un cierto carácter transdisciplinario al incorporar aportes de las ciencias ambientales, económicas y jurídicas; la argumentación detrás de cada sentencia requiere que, junto con el análisis jurídico, se incluya el análisis técnico-ambiental correspondiente.

Toda reclamación o demanda se debe interponer por medio del patrocinio de un abogado habilitado para el ejercicio de la profesión, actuando en representación de todas aquellas personas naturales o jurídicas que se sientan afectadas por alguna resolución dictada por el Ministerio de Medio Ambiente, por la Superintendencia del Medio Ambiente y por el Servicio de Evaluación Ambiental, así como todos aquellos que quieran obtener reparación por daño ambiental, sean personas naturales o jurídicas.

La Ley dispone que los tribunales funcionen a través de sesiones ordinarias y en audiencias públicas durante la vista de la causa. Las sesiones ordinarias deben efectuarse a lo menos tres veces por semana. Las audiencias públicas para la vista de la causa se llevan a efecto tanto en el procedimiento de reclamación como en el de demanda por daño ambiental. Para el caso de reclamaciones, la audiencia pública es para la presentación de los alegatos de las partes; en el caso del procedimiento por daño ambiental, puede haber audiencias de conciliación, de prueba y de alegatos.

4.1.1 Competencias de los tribunales ambientales

La Ley 20.600 establece, en su artículo 17, que los tribunales ambientales tendrán, resumiendo, las siguientes competencias⁵⁸:

- 1) Conocer de las reclamaciones que se interpongan en contra de los decretos supremos que establezcan las normas primarias o secundarias de calidad ambiental y las normas de emisión; los que declaren zonas del territorio como latentes o saturadas y los que establezcan planes de prevención o de descontaminación, en conformidad con lo dispuesto en el artículo 50 de la ley N° 19.300.
- 2) Conocer de las demandas para obtener la reparación del medio ambiente dañado, en conformidad con lo dispuesto en el Título III de la ley N° 19.300.
- 3) Conocer de las reclamaciones en contra de las resoluciones de la Superintendencia del Medio Ambiente, en conformidad con lo dispuesto en el artículo 56 de la Ley Orgánica de la Superintendencia del Medio Ambiente.
- 4) Autorizar las medidas provisionales señaladas en las letras c), d) y e) del artículo 48 de la Ley Orgánica de la Superintendencia del Medio Ambiente, así como las suspensiones señaladas en las letras g) y h) del artículo 3° de esa ley, y las resoluciones de la Superintendencia que apliquen las sanciones establecidas en las letras c) y d) del artículo 38 de la misma ley, elevadas en consulta.⁵⁹
- 5) Conocer de la reclamación que se interponga en contra de la resolución del Comité de Ministros o del Director Ejecutivo, en conformidad con lo dispuesto en los artículos 20 y 25 quinquies de la ley N° 19.300.
- 6) Conocer de las reclamaciones que interponga cualquier persona natural o jurídica en contra de la determinación del Comité de Ministros o Director Ejecutivo que resuelva el recurso administrativo cuando sus observaciones no hubieren sido consideradas en el procedimiento de evaluación ambiental.
- 7) Conocer de las reclamaciones que se interpongan en contra de los actos administrativos que dicten los Ministerios o servicios públicos para la ejecución o implementación de las normas de calidad, de emisión y los planes de prevención o descontaminación, cuando estos infrinjan la ley, las normas o los objetivos de los instrumentos señalados.
- 8) Conocer de las reclamaciones en contra de la resolución que resuelva un procedimiento administrativo de invalidación de un acto administrativo de carácter ambiental. Para estos efectos se entenderá por acto administrativo de carácter ambiental toda decisión formal que emita cualquiera de los organismos de la Administración del Estado, que tenga competencia ambiental y que corresponda a un instrumento de gestión ambiental o se encuentre directamente asociado con uno de éstos.
- 9) Conocer de los demás asuntos que señalen las leyes.

58 Ley 20.600 que crea los tribunales ambientales (2012).

59 Las actuaciones de la SMA que requieren la intervención de los tribunales son la aplicación de medidas provisionales tales como clausuras, detención de funcionamiento de la instalación u ordenación de programa de control (artículo 48, Ley 20.417) y las sanciones administrativas que determine la SMA que tengan como efecto la clausura temporal o definitiva de la instalación o la revocación de una resolución de calificación ambiental (artículo 57, Ley 20.417).

En síntesis, los tribunales ambientales tienen competencia para conocer reclamaciones de ilegalidad de determinados actos administrativos y normas dictadas por organismos del Estado con competencia ambiental, así como para conocer demandas por daño ambiental y otorgar autorización previa a medidas provisionales y sanciones determinadas por la SMA.

En cuanto a competencias, cabe destacar los cambios que se pretenden introducir con el proyecto de ley que reforma el SEIA y que rescata el Observatorio Legislativo del Centro UC de Políticas Públicas, citado antes: “El proyecto modifica el artículo 17 de la ley N° 20.600, que crea los tribunales ambientales, señalando que podrán interponer reclamaciones: (1) el titular del proyecto, en contra de la RCA que lo califique desfavorablemente o le imponga condiciones; (2) cualquier persona que haya realizado observaciones ciudadanas en contra de la resolución de calificación ambiental, cuando ella no hubiere considerado adecuadamente sus observaciones; y (3) cualquier persona directamente afectada en un interés legítimo ambiental de carácter específico, individual o colectivo, en contra de la RCA que califique favorablemente un proyecto. Estas personas son también llamados “terceros absolutos”.

4.2 CAUSAS INGRESADAS A LOS TRIBUNALES AMBIENTALES, FALLOS Y RESOLUCIONES

4.2.1 Causas ingresadas

Este apartado no examina las causas ni las sentencias en sí mismas ni las apelaciones o los recursos de casación sometidos a las cortes de apelaciones o a la Corte Suprema, respectivamente; se limita a ilustrar sobre el ingreso de causas a los tribunales ambientales y al número de sentencias emitidas por cada procedimiento asociado a las categorías definidas por las competencias de los tribunales ambientales (reclamaciones, demandas por daño ambiental y consultas y solicitudes de la SMA).

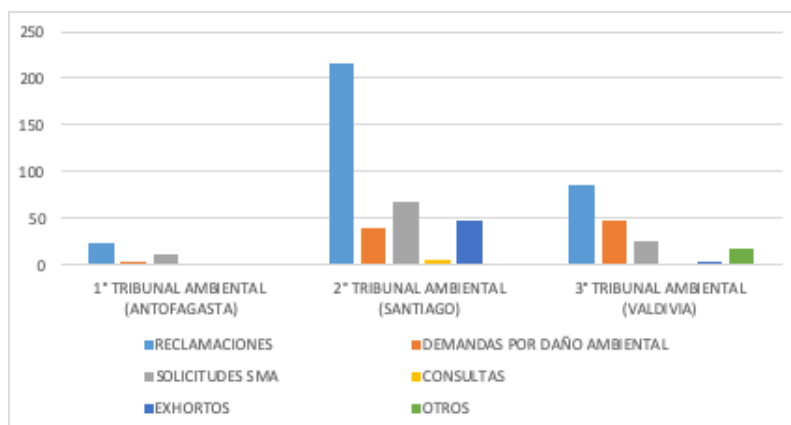
El cuadro 4.1 y la figura 4.1 ilustran respecto a las causas y requerimientos ingresados en todo el período de funcionamiento de los tribunales y el cuadro 4.2 respecto a las causas ingresadas en 2018. Debe tenerse presente que un mismo proyecto puede dar lugar a más de una causa de modo que, el número de proyectos es inferior al número de causas.

Cuadro 4.1 Causas ingresadas en Tribunales Ambientales desde su creación (a junio 2019)

Tribunal ambiental	Reclamaciones	Demandas por daño ambiental	Solicitudes SMA	Consultas SMA	Exhortos ^a	Otras
TA Antofagasta (desde octubre 2017)	24	3	11	0	0	0
TA Santiago (desde marzo 2013)	216	40	68	6	47	1
TA Valdivia (desde octubre 2013)	85	47	25	1	3	17
Total	325	90	104	7	50	18
Porcentaje	54,7	15,2	17,5	1,2	8,4	3,0

^a Solicitud de un tribunal a otro, de distinta jurisdicción pero de la misma jerarquía, para que ordene ciertas diligencias con relación a una causa que tramita el primero.
FUENTES: Elaborado sobre la base de la información disponible en línea en los portales internet de los tres tribunales ambientales: <https://causas.1ta.cl/> (Primer Tribunal Ambiental), <https://consultas.tribunalambiental.cl/search?proc=4> (Segundo Tribunal Ambiental) y <https://causas.3ta.cl/> (Tercer Tribunal Ambiental). Agosto 2019

Figura 4.1 Causas ingresadas en Tribunales Ambientales desde su creación



FUENTE: Cuadro 4.1 construido a partir de la información proporcionada en los portales de cada tribunal ambiental.

Cómo podía esperarse, el Tribunal Ambiental de Santiago, según se observa en el cuadro 4.2, es el que ha tramitado más causas, tanto por ser el primero en iniciar sus actividades como por el mayor número de proyectos que ingresan al SEIA en la macrozona bajo su jurisdicción y por la mayor cobertura geográfica inicial de sus actividades. Le sigue el Tribunal Ambiental de Valdivia que iniciara sus actividades en el último tercio de 2013 mientras, el Tribunal Ambiental de Antofagasta, que recién iniciara sus actividades en octubre de 2017, registra un número bastante inferior de causas ingresadas.

Predominan las reclamaciones por ilegalidad de determinados actos administrativos y normas dictadas por instituciones con competencias ambientales con 54,7% de las 594 causas y requerimientos ingresados a tribunales ambientales a lo largo del período 2013-2018. Le siguen las solicitudes de autorización de la SMA para la aplicación de ciertas sanciones por infracciones, 17,5%, y las demandas de reparación por daño ambiental, 15,2%. Las consultas de la SMA para aplicación de medidas provisionales sólo alcanzaron 1,2%, los exhortos 8,4% y otros requerimientos 3%.

Cuadro 4.2 Causas ingresadas en Tribunales Ambientales - 2018

Procedimiento	1er Tribunal Antofagasta	2° Tribunal Santiago	3er Tribunal Valdivia	Total nacional
Reclamaciones de ilegalidad por actos de administración	12	32	18	62
Demandas de reparación por daño ambiental	1	1	8	10
Solicitudes de sanciones por la SMA	8	3	3	14
Consultas de medidas provisionales por la SMA	1	0	1	2
Total	22	36	30	88

FUENTE: Elaborado a partir de lo informado en las cuentas públicas 2018 de los tribunales ambientales

Cabe señalar que, de las causas ingresadas al Segundo Tribunal Ambiental, 11% (cuatro causas) estaban asociadas a iniciativas de inversión interregionales y 14% (cinco causas) corresponden a regiones que, no obstante estar localizadas en los territorios jurisdiccionales de los tribunales de Antofagasta y Valdivia, fueron definidas administrativamente sea por el Director Ejecutivo del SEA o por el Comité de Ministros, ambos con sede en Santiago, y sometidas al Segundo Tribunal. De este modo, sólo 75% de las causas ingresadas al Tribunal Ambiental de Santiago corresponden a su territorio jurisdiccional.

4.2.2. Sentencias de los Tribunales Ambientales y la justicia ordinaria

En el cuadro 4.3 se presentan las sentencias emitidas por los tres tribunales ambientales en 2018, son 81 sentencias que representan 89 causas (siete causas acumuladas a algunas de las sentencias y una causa resuelta por transacción).

Cuadro 4.3 Sentencias judiciales de los Tribunales Ambientales - 2018

Procedimiento	1er Tribunal Antofagasta	2º Tribunal Santiago	3er Tribunal Valdivia	Total nacional
Reclamaciones de ilegalidad por actos de administración	12	19 ^a	15 ^c	46
Demandas de reparación por daño ambiental	1	6 ^b	10	17
Solicitudes de sanciones por la SMA	8	3	5	16
Consultas de medidas provisionales por la SMA	1	0	1	2
Total	22	28	31	81

a Algunas sentencias acumulan dos o más causas; en total, corresponden a 22 causas.

b Fue resuelta una demanda adicional por vía de transacción.

c Acumulan 19 causas.

FUENTE: Elaborado a partir de lo informado en las cuentas públicas 2018 de los tribunales ambientales

La SMA, por su parte, de acuerdo a lo establecido en el artículo 31 de su Ley Orgánica, produce listados de sentencias definitivas de los tribunales de justicia recaídas en juicios de carácter ambiental. Son 59 las sentencias definitivas de los tribunales ambientales y 15 las de los tribunales ordinarios (5 de las cortes de apelaciones y 10 de la Corte Suprema). De las 59 sentencias de los tribunales ambientales, una corresponde al Tribunal Ambiental de Antofagasta, 36 al de Santiago y 22 al de Valdivia.⁶⁰

Dado que el Tribunal Ambiental de Santiago es el que ha operado durante un período de tiempo más largo, se presentan las sentencias emitidas a lo largo de sus casi siete años de actividad judicial, el período 2013-2019. En ese período el Segundo Tribunal Ambiental conoció variadas reclamaciones, demandas por daño ambiental, y consultas y solicitudes de la SMA que dieron lugar a un número significativo de sentencias. El número de fallos y resoluciones por tipo de causa y por año se presentan en el cuadro 4.4.

Como se puede observar, a lo largo del período indicado se produjeron 188 fallos y resoluciones siendo 2016 el año que se resolvieron más causas con 54 fallos y resoluciones, seguido por 2017 y 2015 con 36 y 25 fallos y resoluciones, respectivamente. 52,1% de las sentencias correspondieron a reclamaciones de ilegalidad, 36,2% correspondieron a resoluciones relativas a solicitudes de sanciones de la SMA, 8,5% a sentencias a demandas por daño ambiental y 3,2% a consultas para medidas provisorias de la SMA.

Cuadro 4.4 Fallos/resoluciones del Tribunal Ambiental de Santiago - Período 2013-2019^a

Año del fallo o resolución	Reclamaciones ^b	Demandas por daño ambiental	Consultas de la SMA	Solicitudes de la SMA	Total procedimientos
2013	2	0	2	6	10
2014	14	1		6	21
2015	9	3	3	10	25
2016	19	1	1	33	54
2017	24	4		8	36
2018	19	6		3	28
2019	11	1		2	14
Total período	98	16	6	68	188
Porcentajes	52,1	8,5	3,2	36,2	100,0

^a Tener presente que hasta octubre 2013 el Tribunal Ambiental de Santiago tenía jurisdicción en todo el territorio nacional y que, desde esa fecha y hasta septiembre 2017, su jurisdicción era sobre las macrozonas centro y norte.

^b El total de las causas por reclamaciones con sentencia, sometidas al Tribunal Ambiental de Santiago asciende a 137. 20 de las sentencias por reclamaciones acumulaban 39 otras causas.

FUENTE: Elaborado sobre la base de los listados de sentencias del Tribunal Ambiental de Santiago publicados en el sitio web del Tribunal. En línea, <https://www.tribunalambiental.cl/sentencias-e-informes/sentencias/>. Agosto 2019.

De las 98 reclamaciones, 60,2% fueron rechazadas, 26,5% acogidas y 13,3% acogidas parcialmente. Con relación a las demandas por daño ambiental, sólo hubo 16 fallos, el 68,8% fueron acogidos y 31,2% rechazados. 43 fallos sobre reclamaciones y cinco fallos sobre demandas fueron apelados a la Corte Suprema con resultados variados. (Véase detalle en cuadros 5.1, 5.2 y 5.3 del anexo 5).

60 SNIFA/SMA: Sentencias tribunales ambientales y justicia ordinaria, en línea, <http://snifa.sma.gob.cl/v2/SentenciaTribunal>, agosto 2019. No fue posible realizar, en el marco de este informe, una conciliación de las cifras para explicar las diferencias con las obtenidas de los portales internet de los tribunales ambientales.

En todo el período solo hubo seis consultas de la SMA al Tribunal respecto a medidas provisorias – sin perjuicio de que se haya iniciado el proceso sancionatorio respectivo – ante daño inminente al medio ambiente o a la salud de las personas. Se realizaron dos consultas en 2013, tres en 2015 y una en 2016. En dos de ellas no hubo resolución porque fueron ingresadas reclamaciones por ilegalidad al Tribunal; de las cuatro restantes, tres fueron aprobadas y una rechazada. Hubo un recurso sometido a la Corte de Apelaciones por la SMA que fue rechazado.

En el período 2013-2019 fueron sometidos 68 requerimientos de la SMA al Tribunal Ambiental de Santiago solicitando autorización para la aplicación de sanciones de clausura temporal o definitiva y/o de revocación de la RCA por incumplimientos y otras causales de acuerdo con la Ley 20.417. 88,2% de las solicitudes fueron autorizadas y 11,8% fueron rechazadas. Más del 50% de las solicitudes correspondieron al año 2016 (véase cuadro 5.3 del anexo 5).

4.2.3 Judicialización de proyectos de inversión sometidos al SEIA

Causas y proyectos judicializados

Luego de ser calificados como aprobados o rechazados por medio de la Resolución de Calificación Ambiental en el Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA), los proyectos de inversión evaluados pueden ser sometidos a nuevos trámites en instancias superiores asociadas a reclamaciones administrativas y judiciales.

Se recurre en este apartado al estudio del Observatorio de la Productividad⁶¹ que aborda la judicialización⁶² de los proyectos de inversión sometidos al SEIA, básicamente centrado en aquellas causas tratadas por los tribunales ambientales que se originaron en reclamaciones del titular del proyecto contra la RCA, en reclamaciones de terceros que efectuaron observaciones al proyecto en el contexto de la participación ciudadana que no fueron ponderadas y en reclamaciones de terceros no titulares de los proyectos ni involucrados en el procedimiento de evaluación que reclaman respecto de la resolución que resuelve un procedimiento de invalidación de un acto administrativo de carácter ambiental.⁶³

El estudio identificó 131 de las causas ingresadas en los tribunales ambientales, desde su creación hasta junio 2019, que se originaron en el tipo de reclamaciones definidas⁶⁴. De las 131 causas identificadas, 14 se acumularon a causas similares con lo que el número se reduce a 117⁶⁵ pero de ellas sólo 95 causas se declararon admisibles⁶⁶.

Las 95 causas admisibles representan 83 proyectos diferentes. En términos del estado de la RCA del proyecto judicializado, las causas se desglosan de la siguiente manera: al momento de iniciar la reclamación había 72 proyectos que contaban con una RCA favorable, 15 con RCA desfavorable, 4 con su RCA en trámite y 4 causas eran a propósito de una consulta de pertinencia (por lo que suponen que la RCA aún no había iniciado su trámite) que corresponden a 3 proyectos. El estudio excluye éstas de modo que el número de causas relevantes para el análisis se reduce a 91 y el número de proyectos a 80.

El estudio establece que, del total de 80 proyectos judicializados, 37 ingresaron al SEIA vía EIA y 43 lo hicieron vía DIA. Los proyectos que ingresaron como EIA representan el 46% del total de proyectos judicializados y el 85% del monto de inversión judicializado, US\$ 27.943 millones.

61 Se reproducen parcialmente aspectos del análisis sobre la judicialización de proyectos de inversión ingresados al SEIA que realizara el Observatorio de la Productividad y que se presentara en su Informe N° 2 del primer trimestre de 2019.

62 Según el Diccionario del Español Jurídico de la Real Academia de la Lengua, judicializar es “llevar por la vía judicial un asunto que podría conducirse por otra vía, generalmente política” (en línea, <https://dej.rae.es/lema/judicializar>, agosto 2019). En el caso de la evaluación ambiental de proyectos, la vía por la que deberían resolverse los conflictos ambientales es, más bien, la vía administrativa, ciertamente muy determinada, efectivamente, por funcionarios públicos, generalmente de confianza de la autoridad política.

63 Se trata de reclamaciones que se consideraron más directamente relacionadas con los proyectos de inversión y con el SEIA. Se corresponden con las competencias de los tribunales ambientales, definidas en los numerales 5, 6 y 7 del artículo 17 de la Ley 20.600.

64 De acuerdo con la exploración sobre causas y sentencias que arrojó los números que se presentan en el cuadro 4.1, el total de ingresos por reclamaciones en toda la historia de los tribunales hasta junio 2019 ascendería a 325 causas. La diferencia con las 131 causas identificadas en el estudio del Observatorio debería radicar (no fue investigado) en que las reclamaciones incluidas en el cuadro incluyen, además, reclamaciones contra decretos relativos a normas de calidad y emisión, declaraciones de zonas latentes o saturadas y planes de prevención y descontaminación (numeral 1 del artículo 17), reclamaciones contra resoluciones de la SMA (numeral 3) y reclamaciones contra actos administrativos que dicten ministerios y servicios públicos relativos a implementación de normas de calidad y emisión y de planes de prevención o descontaminación que se considere que infrinjan la ley, las normas o los objetivos de los instrumentos señalados.

65 Las causas son acumuladas por el tribunal ambiental correspondiente cuando se refieren al mismo proyecto, ingresan por el mismo numeral del artículo 17, son admisibles y están aún en trámite.

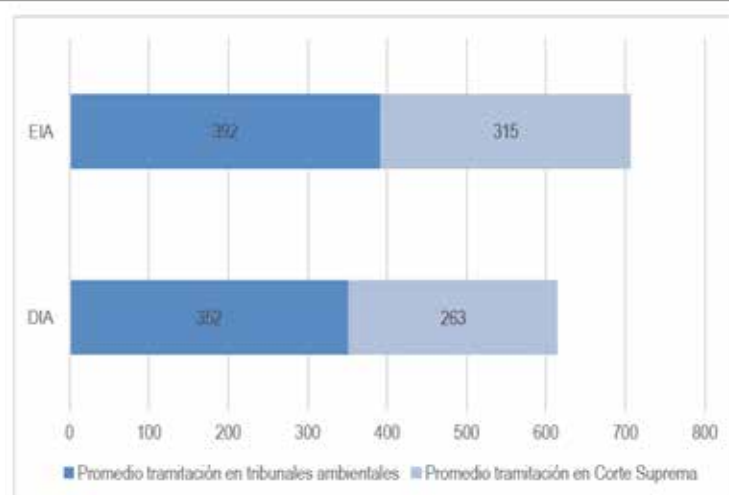
66 Las admisibles incluyen las causas que están actualmente en trámite, las que ya cuentan con sentencia, las que fueron desistidas por el reclamante, y aquellas en que hubo un avenimiento entre las partes. Las inadmisibles consideran las causas que fueron estrictamente inadmisibles, además de aquellas en que no se da curso a la reclamación, las que se tuvieron por no presentadas, y aquellas en que el tribunal se considera incompetente.

Tiempos de tramitación adicional como consecuencia del proceso judicial

Del total de 67 causas con sentencia en primera instancia, el tiempo transcurrido entre el ingreso de la reclamación y la sentencia del tribunal ambiental correspondiente es, en promedio, de 372 días corridos. En caso de que se presente un recurso de casación ante la Corte Suprema, las causas extienden, en promedio, su tiempo de tramitación judicial en 287 días corridos adicionales.

Como se observa en la figura 4.2, en promedio, los proyectos judicializados que ingresaron al SEIA a través de un EIA han requerido de mayor tiempo de tramitación en los tribunales ambientales y en la Corte Suprema. Por otra parte, los proyectos con RCA favorable han tomado menos tiempo en ser tramitados por los tribunales ambientales pero más tiempo ante la Corte Suprema, al comparar con proyectos con RCA desfavorable.

Figura 4.2 Tiempo promedio de tramitación judicial según categoría de ingreso al SEIA (en días corridos)



FUENTE: Se reproduce figura 1 del estudio “Judicialización de proyectos de inversión ingresados al SEIA” (2019)

Por otra parte, se observa en el cuadro 4.5 que el tiempo de tramitación es menor, tanto en los tribunales ambientales como en la Corte Suprema, para los proyectos con una RCA favorable respecto a los proyectos con una RCA desfavorable. En el cuadro 4.6 se aprecia que los tiempos de tramitación en el Tribunal de Santiago más que duplican los tiempos en el Tribunal Ambiental de Valdivia, probablemente porque las causas en el primero corresponden a proyectos de mayor tamaño y complejidad que los proyectos cuestionados en Valdivia.⁶⁷

Cuadro 4.5 Tiempo promedio de tramitación judicial de RCA (en días corridos)

Resolución de calificación ambiental	Tiempo de tramitación en tribunal ambiental	Tiempo de tramitación en Corte Suprema
Favorable	373	290
Desfavorable	404	262

FUENTE: Se reproduce tabla 1 del estudio “Judicialización de proyectos de inversión ingresados al SEIA” (2019).

Cuadro 4.6 Tiempo promedio de tramitación de RCA e inversión declarada (en días corridos)

Tribunal ambiental	Causas con sentencia (número)	Tiempo de tramitación promedio (días corridos)	Inversión promedio proyectos (millones dólares)
Santiago	45	460	482
Valdivia	19	195	277

FUENTE: Se reproduce tabla 2 del estudio “Judicialización de proyectos de inversión ingresados al SEIA” (2019).

67

Se excluye del análisis al Tribunal Ambiental de Antofagasta por qué recién iniciara sus actividades en octubre 2017.

Inversión judicializada

El estudio establece que las causas judiciales de proyectos de inversión se concentran en 9 sectores económicos destacándose que más de la mitad de los proyectos judicializados (59 de 80, 59%) corresponden a Minería. Le siguen en importancia Energía (18 proyectos, 26%), Industria (11 proyectos, 7%) e Inmobiliario, Infraestructura Transporte y otros (16 proyectos, 8%). En el cuadro 4.7 se presentan los sectores ordenados por los montos de inversión asociados.

Cuadro 4.7 Proyectos judicializados y montos de inversión asociados por sector económico			
Sector económico	Proyectos judicializados (número)	Inversión declarada	
		(millones de dólares)	(porcentaje)
Minería	25	19.517	59
Energía	18	8.659	26
Industria	11	2.350	7
Inmobiliario	7	810	3
Infraestructura transporte	4	804	2
Otros ^a	5	869	3
Total	80	33.009	100

^a Sectores saneamiento ambiental y portuario.

FUENTE: Derivado de la figura 2 y del texto del estudio "Judicialización de proyectos de inversión ingresados al SEIA" (2019).

Naturaleza de los reclamantes

36% de los reclamantes correspondió a personas naturales, 33% a Personas jurídicas con fines de lucro, 28% a organizaciones de la sociedad civil y 3% a municipalidades.⁶⁸

En sólo 23 de las 95 causas consideradas admisibles, 24%, el reclamante es el titular del proyecto, en todos los casos se trata de personas jurídicas con fines de lucro (pueden ser empresas privadas y públicas). En las 72 causas restantes, 76%, las reclamaciones fueron de terceros, tanto personas naturales como organizaciones de la sociedad civil⁶⁹, municipalidades y personas jurídicas con fines de lucro que no eran titulares de proyecto.

Sentencias de los tribunales ambientales y de la Corte Suprema⁷⁰

En el cuadro 4.8 se ilustra sobre las sentencias emitidas por los tribunales ambientales relacionadas con las causas de los proyectos identificados como admisibles por el estudio en referencia.

Cuadro 4.8 Sentencias de los tribunales ambientales por naturaleza del reclamante			
Sentencias	Reclamante		Total
	Titular	Tercero	
Acoge reclamación	9	14	23
Rechaza reclamación	7	38	45
Total	16	52	68

Fuente: Se reproduce tabla 4 del estudio "Judicialización de proyectos de inversión ingresados al SEIA" (2019)

68 Los autores advierten que, en este caso, el análisis incluye todas las causas admisibles no acumuladas; la unidad de estudio es la causa de reclamación (que pueden ser varias por proyecto) y no el proyecto de inversión (a excepción de cuando se especifican montos). También se incluyen las causas sobre consultas de pertinencia, porque ya no se evalúa los proyectos de inversión efectivamente ingresados al SEIA, sino que se evalúa el sistema judicial en su conjunto.

69 Incluye organizaciones comunitarias, comunidades indígenas, asociaciones gremiales, corporaciones privadas y personas jurídicas sin fines de lucro.

70 A diferencia de la sección anterior, en donde se consideran 67 sentencias, en esta sección se incluye una sentencia por "consulta de pertinencia".

El estudio en referencia informa que, de un total de 48 recursos de casación presentados ante la Corte Suprema, 46 fueron admitidos. De los admitidos, 28 ya han sido fallados por la Corte Suprema y el resto está en trámite o fueron desistidos. De aquellos fallados, tan solo 8 fueron acogidos (al menos parcialmente) y 20 rechazados. Esto quiere decir que el 71% (20 de 28) de las sentencias de la Corte Suprema ratificó la sentencia del Tribunal Ambiental correspondiente, al rechazar el recurso de casación interpuesto por el titular o un tercero.

Evolución semestral de causas y montos de inversión en trámite

La figura 4.3, que acompaña el estudio en referencia, muestra el número de causas y los montos de inversión declarada al final de cada semestre a lo largo de toda la existencia de los tribunales ambientales, desde el segundo semestre de 2013 al primer semestre de 2019. Se observa una tendencia creciente de ambos conceptos con un máximo a fines del segundo semestre de 2017 y una disminución significativa de los montos de inversión en 2018 y 2019, con una disminución menos pronunciada del número de causas en el primer semestre de 2018 que se mantiene más o menos estable en los dos semestres siguientes. El estudio del Observatorio de Productividad no adelanta conclusiones al respecto

Figura 4.3 Evolución semestral en número de causas y montos de inversión declaradaa Período 2º semestre 2013- 1er 2019



* Cifras al final de cada semestre.

FUENTE: Se reproduce figura 6 del estudio "Judicialización de proyectos de inversión ingresados al SEIA" (2019).

El estudio del Observatorio de Productividad concluye con una síntesis del análisis realizado pero no adelanta conclusiones con respecto al proceso de judicialización de los proyectos que han sido sometidos al SEIA y que han dado lugar a reclamaciones asociadas a la evaluación del impacto ambiental y a resoluciones de calificación ambiental vinculadas a dichos proyectos. No hay conclusiones en cuanto a que haya una tendencia al alza o a la baja o a la estabilización del número de causas sometidas a los tribunales ambientales.

Parece, en todo caso, a la luz del análisis del Observatorio y de los números presentados, que no hay una expansión evidente de la judicialización de los proyectos que pasan por el Sistema de Evaluación Ambiental.

La connotación peyorativa de la expresión "judicialización"

A la expresión "judicialización" se le ha venido dando una connotación peyorativa presentándola como una de las mayores trabas para la implementación de proyectos de inversión. En el caso de más de un proyecto, particularmente del sector Energía, el que no haya llegado a concretarse o cuya aprobación se haya retrasado de manera excesiva, ha sido atribuido a esta llamada "judicialización". Si bien, como se ilustra en los párrafos anteriores, la judicialización implica extender significativamente los tiempos para la aprobación, o para el rechazo definitivo, como ha sido en un número importante de casos, ello no siempre es necesariamente negativo, sin prejuicio de que todos los trámites puedan ser agilizados y los tiempos reducidos.

Las tesistas Häberle y Pelayo⁷¹ se preguntaban si hay efectivamente una excesiva judicialización de los proyectos de inversión y si esto podía considerarse negativo como ha sido planteado. Reconocen que efectivamente, en su perspectiva al 2015, hubo un pequeño aumento en la judicialización de los proyectos de inversión, principalmente en materia energética, motivado, especialmente, por movimientos ciudadanos. Sin embargo, concluyen, luego del extenso análisis realizado, que es mínima la cantidad de proyectos que llegan a requerir la solución de controversias ante un órgano judicial, si se compara con la gran cantidad de proyectos que se aprueban en el SEA; los proyectos que han llegado a la judicialización son aquellos de gran tamaño y con un gran potencial de impacto ambiental negativo. No creen, las autoras del estudio que su revisión y el debate en el ámbito judicial sea algo necesariamente negativo. De hecho, en el caso de los grandes proyectos, se ha producido la participación en la discusión de diversos actores de forma transversal promoviendo una gran difusión de los grandes proyectos lo que puede considerarse como algo positivo.

Finalmente, las autoras estiman que la judicialización, al 2015, no aumentó de manera considerable, más aún, teniendo presente que la cantidad de proyectos que ingresan al SEIA ha aumentado significativamente y considerando que, si se llega a la instancia judicial, es probablemente porque el proyecto en particular lo requería debido a su tamaño y/o complejidad. Concluyen que lo importante sería contar con mecanismos de solución de controversias claros, determinados y que les den garantías a todos los actores.

BIBLIOGRAFÍA

- Asenjo, Rafael. Institucionalidad pública y gestión ambiental en Chile en Expansiva, Serie "En foco", N° 91. 2006. CONAMA. Una política ambiental para el desarrollo sustentable. Documento aprobado por acuerdo N°55/97 del Consejo Directivo de Ministros de la Comisión Nacional del Medio Ambiente, sesión 9 de enero, 1998
- Bergamini, Kay; Irrazábal, Ricardo; Monckeberg, Juan Carlos; Pérez, Cristián. Fiscalización, sanción y control ambiental en Chile - Diagnóstico y propuestas para la Superintendencia del Medio Ambiente y Tribunales Ambientales en "Propuestas para Chile - Concurso políticas públicas 2017". Centro de Políticas Públicas UC. 2017.
- Cámara de Diputados. Resultados de Comisiones. En línea, https://www.camara.cl/trabajamos/comision_resultados.aspx. Agosto 2019.
- Cámara Chilena de la Construcción, Confederación de la Producción y del Comercio y Observatorio Judicial. Judicialización de los proyectos de inversión ingresados al SEIA. Observatorio de la Productividad, Informe N° 2, Primer trimestre 2019.
- Cámara de Diputados. Proyecto de Ley: Introduce modificaciones en la institucionalidad ambiental y en el Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental. Boletín 12714-12. https://www.camara.cl/pley/pley_detalle.aspx?prmID=13251&prmBOLETIN=12714-12. Junio 2019.
- Cash, Jorge. Delitos ambientales: el proyecto previo a la COP". Columna, El Pulso-La Tercera, 17/08/2019.
- Centro de Análisis de Políticas Públicas (CAPP), Instituto de Asuntos Públicos (INAP). Informe País: Estado del Medioambiente en Chile – Comparación 1999-2015. Santiago: Universidad de Chile. Abril 2016.
- Comisión Sindical Ciudadana Parlamentaria (CSCP). Propuestas para la Reforma al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental. Portal FIMA, <http://www.fima.cl/site/wp-content/uploads/2016/08/CSCP-SEIA-FINAL-08.08.16.pdf>. Agosto 2016.
- Comisión Sindical Ciudadana Parlamentaria (CSCP). Presentación respecto de modificaciones a la ley 19.300 del proyecto que perfecciona textos legales para promover la inversión. Julio 2019
- FIMA. Observaciones al proyecto de Reforma al SEIA. Agosto 2019.
- Comisión Nacional de Productividad (CNP). Calidad Regulatoria en Chile: Una Revisión de Sectores Estratégicos. Septiembre 2019
- Ciudadanía Inteligente, CODEFF, Espacio Público, Fundación Casa de la Paz, ONG Semillas de Cambio y Núcleo Milenio en Energía y Sociedad (NUMIES) y 53 personas naturales. Declaración pública respecto al nuevo proyecto del gobierno para reformar al SEIA. 24 junio 2019.
- Fundación Terram. Las prioridades ambientales que urge resolver. Minuta. Junio 2019.
- Fundación Terram. Minuta crítica sobre proyecto de Ley Pro-inversión (boletín 11.747-03) - Modificaciones a la ley N° 19.300. Septiembre 2019
- Häberle Orrego, Carolina y Pelayo Díaz, Constanza. Judicialización de los proyectos de inversión en el sistema de evaluación de ambiental - Acción de protección v/s acciones propuestas en la ley n° 20.600. Memoria para optar al grado de Licenciado en Ciencias Jurídicas y Sociales, Escuela de Derecho, Universidad de Chile. Marzo 2015.
- Insunza, Ximena y Hervé, Dominique. Expectativas frustradas: las nuevas modificaciones al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental. Columna de opinión publicada en El Mercurio Legal. Julio 2, 2019,
- Ministerio de Agricultura (MINAGRI). Programa de Gobierno 2018-2022 y Lineamientos estratégicos. En línea, <https://www.minagri.gob.cl/acerca-de-minagri/>. Agosto 2019.
- Ministerio de Medio Ambiente (MMA). Áreas de trabajo. En línea, [https://mma.gob.cl/\(enlace\)](https://mma.gob.cl/(enlace)). Agosto 2019.
- Ministerio de Medio Ambiente (MMA). Informe Final de la Comisión Asesora Presidencial para la Evaluación del Sistema de Evaluación del Impacto Ambiental. Oficina Comunicaciones y Prensa, MMA. Julio 2016.
- Ministerio de Medio Ambiente (MMA). Ley 19.300 de Bases Generales del Medio Ambiente de 1994 modificada por la Ley 20.417. 2010. Biblioteca del Congreso Nacional (BCN). Versión junio 2016.
- Ministerio de Medio Ambiente. Ley 20.600: Crea los tribunales ambientales. 2012. Biblioteca del Congreso Nacional (BCN). Versión septiembre 2018.
- Ministerio de Medio Ambiente (MMA). Organigrama. En línea, <https://mma.gob.cl/estructura-organizacional/>, Agosto 2019.
- Ministerio de Medio Ambiente (MMA). Presentación, misión y visión. En línea, <https://mma.gob.cl/estructura-organizacional/>. Agosto 2019.
- Ministerio Secretaría General de la Presidencia. Ley 20.417: Crea el Ministerio, El Servicio de Evaluación Ambiental y la Superintendencia del Medio Ambiente. Biblioteca del Congreso Nacional (BCN). Enero 2010.
- Pontificia Universidad Católica de Chile. Los desafíos ambientales 2018-2022 - Propuesta de una hoja de ruta en materia de relevancia ambiental. Publicación Seminario. Organizado por el Grupo Asesor en Medio Ambiente (GAMA) y el apoyo de CAPES y el Programa de Derecho y Medio Ambiente, todos de la PUC. Septiembre 2017.

1 Suscriben las siguientes organizaciones: Alerta Isla Riesco, Área de Estudios Gubernanza Ambiental, Energía y Sustentabilidad de IDEA-USACH, Chile Sustentable, Comité Pro Defensa de la Fauna y Flora (CODEFF), Comité de Defensa del Río Grande de Tulahuén, Corporación para el Desarrollo de Aysén (CODESA), Departamento de Medio Ambiente del Colegio Médico, Ecosistemas, Ética en los Bosques, Federación Nacional de Trabajadores Públicos de Medio Ambiente (FENATRAMA), Fiscalía del Medio Ambiente (FIMA), Instituto de Ecología Política (IEP), Más Antofagasta, Movimiento en Defensa del Ambiente (MODEMA), Observatorio Ciudadano, Red Campus Sustentable y Red de Acción por los Derechos Ambientales (RADA).

71 Häberle Orrego, Carolina y Pelayo Díaz, Constanza en "Judicialización de los proyectos de inversión en el Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental", memoria para optar al grado de Licenciado en Ciencias Jurídicas y Sociales, Escuela de Derecho, Universidad de Chile (marzo 2015).

- Pontificia Universidad Católica de Chile (PUC). Reforma al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental: Aportes a la Discusión. Observatorio legislativo, Boletín 11952-12, Centro UC de Políticas Públicas. Diciembre 2018.
- Servicio de Evaluación Ambiental (SEA). Instructivo sobre consultas de pertinencia de proyectos o actividades o sus modificaciones al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA). Ordinario N° 131456/2013. 27 de septiembre 2013.
- Servicio de Evaluación Ambiental. Portal internet, en línea, <https://www.sea.gob.cl>. Agosto 2019
- Servicio de Evaluación Ambiental. Reporte estadístico de proyectos en el SEIA – Mes de julio 2019. 2019.
- Sistema Nacional de Información sobre Fiscalización Ambiental (SNIFA). Unidades fiscalizables. En línea, <http://snifa.sma.gob.cl/v2/>. Agosto 2019.
- Superintendencia de Medio Ambiente (SMA). Bases metodológicas para la determinación de sanciones ambientales, actualización 2017. Diciembre 2017.
- Superintendencia de Medio Ambiente (SMA). Cuenta Pública 2018, Presentación y nota en línea mayo 2019, <https://portal.sma.gob.cl/index.php/2019/05/23/sma-presenta-su-cuenta-publica-2019/>. Agosto 2019.
- Superintendencia de Medio Ambiente (SMA). Estrategia de fiscalización ambiental 2018-2023. Julio 2018.
- Superintendencia de Medio Ambiente (SMA). Ficha de definiciones estratégicas año 2019-2022 (formulario A1), disponible en línea, http://www.dipres.gob.cl/597/articles-181898_doc_pdf.pdf. Agosto 2019.
- Superintendencia de Medio Ambiente. Misión/Visión. En línea, <https://portal.sma.gob.cl/index.php/que-es-la-sma/> (enlace). Agosto 2019.
- Tribunal Ambiental de Antofagasta. Cuenta Pública 2018.
- Tribunal Ambiental de Santiago. Cuenta Pública 2018.
- Tribunal Ambiental de Valdivia. Cuenta Pública 2018.
- Tribunales ambientales de Antofagasta, Santiago y Valdivia. En línea, <https://1ta.cl>, www.tribunalambiental.cl y <https://3ta.cl>, respectivamente. En línea. Agosto 2019
- Tribunal Ambiental de Santiago. Sentencias e informes. En línea, <https://www.tribunalambiental.cl/sentencias-e-informes/sentencias/>. Agosto 2019.

ANEXOS

ANEXO 1: CUADROS Y FIGURAS ASOCIADAS A LA EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL

Cuadro anexo 1.1 Evolución aprobaciones y rechazos de Declaraciones y Estudios de Impacto Ambiental Período 1997 – 2019^a

Año	Declaraciones de impacto ambiental			Estudios de impacto ambiental			Total ^b
	Aprobadas	Rechazadas	Subtotal	Aprobados	Rechazados	Subtotal	
1997	70	10	80	35	1	36	116
1998	402	45	447	38	9	47	494
1999	583	23	606	43	2	45	651
2000	682	25	707	36	2	38	745
2001	833	25	858	45	7	52	910
2002	1.127	66	1.193	44	1	45	1.238
2003	808	74	882	33	2	35	917
2004	773	142	915	34	1	35	950
2005	753	52	805	25	2	27	832
2006	786	102	888	31	3	34	922
2007	849	98	947	28	2	30	977
2008	902	43	945	34	0	34	979
2009	1.004	79	1.083	34	2	36	1.119
2010	793	56	849	22	2	24	873
2011	1.001	45	1.046	23	4	27	1.073
2012	959	36	995	20	0	20	1.015
2013	753	22	775	24	2	26	801
2014	663	36	699	23	3	26	725
2015	420	24	444	24	2	26	470
2016	346	29	375	23	2	25	400
2017	336	29	365	21	6	27	392
2018	368	14	382	30	2	32	414
2019	173	8	181	5	1	6	187
Total	15.384	1.083	16.467	675	58	733	17.200

^a Proyectos aprobados y rechazados al 31 de mayo del 2019.

^b El total corresponde sólo a los proyectos que concluyeron el proceso de evaluación con resoluciones favorables y no favorables; excluye los casos de proyectos no admitidos a trámite, no calificados y los desistimientos que representan más del 50% de los casos de proyectos presentados en el período 2015-2019.

FUENTE: Construido a partir de datos del SEA, en línea, <http://seia.sea.gob.cl/busqueda/buscarProyecto.php>, agosto 2019.

Cuadro anexo 1.2 Estado proyectos presentados al Sistema con EIA e inversión asociada - Período 2015-2019a

Estado	2015		2016		2017		2018		2019	
	Proyectos	MMU\$	Proyectos	MMU\$	Proyectos	MMU\$	Proyectos	MMU\$	Proyectos	MMU\$
Aprobado	24	7.786,8	23	15.349,0	21	6.340,3	30	14.313,2	5	4.102,0
Caducado	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Desistido	10	8.617,6	17	2.560,2	16	1.578,3	10	1.012,6	5	3.790,0
No Admitido a Tramitación	15	1.763,4	14	6.880,1	9	921,6	4	1.067,0	1	0,4
No calificado	6	1.436,5	6	4.866,5	5	482,0	5	207,2	1	30,5
Rechazado	2	205,5	2	28,5	6	3.384,2	2	68,5	1	15,0
Revocado	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total general	57	19.809,8	62	29.684,3	57	12.706,4	51	16.668,4	13	7.937,9

a Hasta el 31 de mayo del 2019. **FUENTE:** Construido a partir de datos del SEA, en línea, <http://seia.sea.gob.cl/busqueda/buscarProyecto.php>, agosto 2019.

Cuadro anexo 1.3 Estado proyectos presentados al Sistema con DIA e inversión asociada. Período 2015-2019a

	2015		2016		2017		2018		2019	
	Proyectos	MMU\$	Proyectos	MMU\$	Proyectos	MMU\$	Proyectos	MMU\$	Proyectos	MMU\$
Abandonado	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Aprobado	420	15.301,3	346	13.066,3	336	17.525,5	368	11.407,0	173	4.764,1
Caducado	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Desistido	207	9.516,3	125	2.271,8	130	5.346,1	132	2.081,0	66	1.795,8
No Admitido a Tramitación	233	5.366,4	226	17.427,5	215	11.792,5	110	1.055,3	66	806,4
No calificado	66	3.133,7	61	5.796,5	64	16.914,2	48	1.073,0	9	245,0
Rechazado	24	339,2	29	481,4	29	9.188,0	14	4.265,2	8	28,6
Revocado	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total general	950	33.656,9	787	39.043,5	774	60.766,3	672	19.881,6	322	7.639,9

a Hasta el 31 de mayo del 2019.

FUENTE: Construido a partir de datos del SEA, en línea, <http://seia.sea.gob.cl/busqueda/buscarProyecto.php>, agosto 2019.

Cuadro anexo 1.4 Proyectos aprobados en el marco del SEIA, con EIA, por sector productivoa - Período 2015-2019 y acumulado 1997-2019b.

Sectores	2015	2016	2017	2018	2019	Total período 2015-2019	Total período 1997-2019
Agropecuario	0	0	0	0	0	0	3
Energía	14	11	9	13	2	49	194
Equipamiento	0	0	0	1	0	1	8
Forestal	0	0	0	0	0	0	12
Infraestructura de Transporte	0	1	1		1	3	28
Infraestructura Hidráulica	1	2	1	2	0	6	26
Infraestructura Portuaria	1	2	2	1	0	6	28
Inmobiliarios	1	0	0	2	2	5	26
Instalaciones fabriles varias	0	0	0	0	0	0	20
Minería	6	5	4	8	0	23	131
Otros	0	1	1	0	0	2	68
Pesca y Acuicultura	0	0	0	0	0	0	13
Planificación Territorial e Inmobiliarios en Zonas	0	0	0	0	0	0	10
Saneamiento Ambiental	1	1	3	3	0	8	108

b Hasta mayo 2019.

FUENTE: Construido a partir información del SEA en línea, <http://seia.sea.gob.cl/busqueda/buscarProyecto.php>, agosto 2019.

Cuadro anexo 1.5 Proyectos aprobados en el marco del SEIA, con DIA, por sector productivo^a. Período 2015-2019 y acumulado 1997-2019^b

Sectores	2015	2016	2017	2018	2019	Total 2015-2019	Total 1997-2019
Agropecuario	11	9	12	9	6	47	284
Energía	88	83	71	78	46	366	1.247
Equipamiento	3		1			4	591
Forestal	2	1		2	1	6	87
Infraestructura de Transporte	4	2	4	9	1	20	212
Infraestructura Hidráulica	11	4	5	7	5	32	335
Infraestructura Portuaria	5	1	4	2	2	14	136
Inmobiliarios	35	59	79	81	47	301	1.461
Instalaciones fabriles varias	10	6	12	9	5	42	519
Minería	63	52	43	67	23	248	1.618
Otros	53	40	44	54	6	197	1.432
Pesca y Acuicultura	93	43	21	16	13	186	3.612
Planificación Territorial e Inmobiliarios en Zonas						0	684
Saneamiento Ambiental	42	46	40	34	18	180	3.166

^a Destacados los tres sectores con más proyectos en cada columna.^b Hasta mayo 2019.**FUENTE:** Construido a partir información del SEA en línea, <http://seia.sea.gob.cl/busqueda/buscarProyecto.php>, agosto 2019.Cuadro anexo 1.6 Inversiones de proyectos aprobados por SEIA con EIA por sector productivo^a. Período 2015-2019 y acumulado 1997-2019^b (millones de US\$)

Sectores	2015	2016	2017	2018	2019	Total 2015-2019	Total 1997-2019
Agropecuario	0	0	0	0	0	0	524
Energía	3.537	3.592	1.421	3.237	910	12.697	37.410
Equipamiento	0	0	0	10	0	10	47
Forestal	0	0	0	0	0	0	5.476
Infraestructura de Transporte		180	11	0	1.100	1.291	5.057
Infraestructura Hidráulica	23	375	85	670	0	1.153	6.422
Infraestructura Portuaria	250	381	286	500	0	1.418	3.776
Inmobiliarios	4	0	0	195	2.092	2.291	3.784
Instalaciones fabriles varias	0	0	0	0	0	0	2.634
Minería	3.672	10.556	2.737	9.513	0	26.478	67.842
Otros	0	15	900	0	0	915	4.761
Pesca y Acuicultura	0	0	0	0	0	0	86
Planificación Territorial e Inmobiliarios en Zonas	0	0	0	0	0	0	0
Saneamiento Ambiental	300	250	900	189	0	1.639	3.933

^a Destacados los tres sectores con mayor inversión en cada columna.^b Hasta mayo 2019.**FUENTE:** SEA en línea, <http://seia.sea.gob.cl/busqueda/buscarProyecto.php>, agosto 2019.

Cuadro anexo 1.7 Inversiones de proyectos aprobados por SEIA, con DÍA por sector productivo^a. Período 2015-2019 y acumulado 1997-2019^b (millones de US\$)

Sectores	2015	2016	2017	2018	2019	Total Proyectos 2015-2019	Total proyectos 1997-2019)
Agropecuario	68	190	111	178	85	632	1.938
Energía	11.103	7.892	10.357	2.708	1.152	33.212	82.340
Equipamiento	66	0	1	0		67	1.369
Forestal	64	0	0	1	0	65	1.841
Infraestructura de Transporte	118	8	66	1.159	56	1.407	8.238
Infraestructura Hidráulica	50	6	19	29	3	106	1.444
Infraestructura Portuaria	265	0	117	38	3	423	2.117
Inmobiliarios	774	1.597	2.178	2.397	2.102	9.048	32.156
Instalaciones fabriles varias	159	409	394	149	20	1.131	10.344
Minería	1.470	1.719	3.697	2.704	994	10.583	38.964
Otros	887	431	245	1.686	3	3.251	11.325
Pesca y Acuicultura	176	113	236	149	253	928	5.931
Planificación Territorial e Inmobiliarios en Zonas	0	0	0	0	0	0	79
Saneamiento Ambiental	102	701	106	209	93	1.211	9.852

^a Destacados los tres sectores con mayor inversión en cada columna.^b Hasta mayo 2019. FUENTE: SEA en línea, <http://seia.sea.gob.cl/busqueda/buscarProyecto.php>, agosto 2019.

Cuadro anexo 1.8 Permisos prioritarios requeridos para ejecutar proyectos de inversión

Permisos definidos como prioritarios ^a	Órgano emisor
Concesión de Uso Oneroso	Ministerio de Bienes Nacionales
Concesión marítima mayor	Subsecretaría de Fuerzas Armadas
Declaración de interés nacional	Corporación Nacional Forestal
Consulta de pertinencia	Servicio de Evaluación Ambiental
Resolución de calificación ambiental	Servicio de Evaluación Ambiental
PAS 132: Permiso para hacer excavaciones de tipo arqueológico, antropológico, y paleontológico.	Consejo de Monumentos Nacionales
PAS 135: Permiso para la construcción y operación de depósitos de relave.	Servicio Nacional de Geología y Minería
PAS 137: Aprobación del plan de cierre de una faena minera.	Servicio Nacional de Geología y Minería
PAS 138: Permiso para la construcción, reparación, modificación y ampliación de cualquier obra pública o particular destinada a la evacuación, tratamiento o disposición final de desagües, aguas servidas de cualquier naturaleza.	Secretaría Regional Ministerial de Salud
PAS 146: Permiso para la caza o captura de ejemplares de animales de especies protegidas para fines de investigación, para el establecimiento de centros de reproducción o criaderos y para la utilización sustentable del recurso.	Servicio Agrícola y Ganadero
PAS 150: Para la intervención de especies vegetales nativas clasificadas de conformidad con el artículo 37 de la ley n° 19.300, que formen parte de un bosque nativo, o alteración de su hábitat.	Corporación Nacional Forestal
PAS 152: Permiso para el manejo de bosque nativo de preservación que corresponda a ambientes únicos o representativos de la diversidad biológica natural del país.	Corporación Nacional Forestal
PAS 155: Permiso para la construcción de ciertas obras hidráulicas.	Dirección General de Aguas
PAS 156. Para efectuar modificaciones de cauce, y PAS 157. Permiso para efectuar obras de regularización o defensa de cauces naturales.	Dirección General de Aguas
PAS 160. Informe favorable para la construcción	Servicio Agrícola y Ganadero
PAS 161: Calificación de instalaciones industriales y de bodegaje.	Secretaría Regional Ministerial de Salud
Estudio de impacto sobre sistema de transporte urbano	Secretaría Regional Ministerial de Transportes y Telecomunicaciones
Plan de compensación de emisiones	Secretaría Regional Ministerial de Medio Ambiente
Permiso de edificación	Dirección de Obras Municipales
Solución de conexión	Coordinador Eléctrico Nacional

Rotura y reposición de pavimentos	Servicio de Vivienda y Urbanismo
Recepción de obras hidráulicas	Dirección General de Aguas
Recepción final obras de edificación	Dirección de Obras Municipales

PAS: Permiso ambiental sectorial.

^a En este estudio se aplica la expresión permiso más allá de autorización o consentimiento e incluye solicitudes, consultas y requisitos exigibles para realizar un proyecto de inversión, como un trámite más.

FUENTE: Reproducción tabla 5.3 del estudio "Calidad Regulatoria en Chile: Una Revisión de Sectores Estratégicos", CNP, Septiembre 2019.

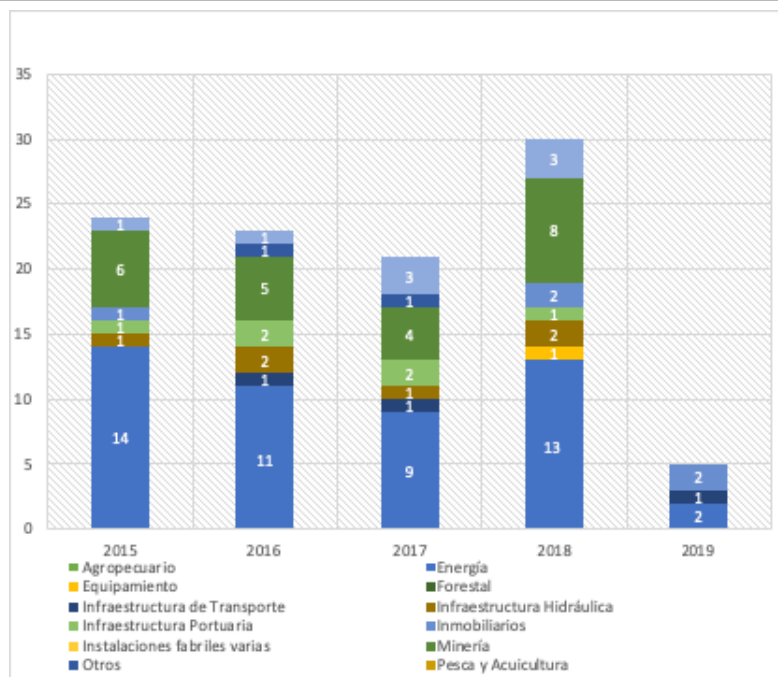
Cuadro anexo 1.9 Tiempos legales y efectivos de tramitación de permisos priorizados (en días corridos)

Permiso	Plazo legal	Tiempo efectivo	Relación tiempo efectivo/tiempo legal
Construcción de ciertas obras hidráulicas (PAS 155, Dirección General de Aguas)*	180	1.441	8,0
Permiso edificación (Dirección de Obras Municipales)*	15 con revisor 30 sin revisor	127 con revisor 126 sin revisor	8,5 con revisor 4,2 sin revisor
Concesión marítima (Subsecretaría Fuerzas Armadas)*	180	1.362	7,6
Resolución Calificación Ambiental (Servicio de Evaluación Ambiental)	168 EIA 84 DIA	851 EIA 312 DIA	5,1 EIA 3,7 DIA
Concesión Uso Oneroso (Secretaría Regional Ministerial, Bienes Nacionales)*	150	681	4,5
Obras de desagües o aguas servidas de cualquier naturaleza (PAS138, Secretaría Regional Ministerial Salud)*	42	183	4,3
Recepción final obras de edificación (Dirección de Obras Municipales)*	15 con revisor 30 sin revisor	57 con revisor 54 sin revisor	3,8 con revisor 1,8 sin revisor
Para la construcción y operación de depósitos de relaves (PAS 135, Servicio Nacional de Geología y Minería)	84	314	3,7
Recepción obras hidráulicas (Dirección General de Aguas)*	180	609	3,4
Estudio de Impacto sobre el Sistema de Transporte Urbano (Secretaría Regional Ministerial de Transportes)*	60	125	2,1
Intervención de especies vegetales (PAS 150, Corporación Nacional Forestal)	84	150	1,8
Plan de cierre faena minera (PAS 137, Servicio Nacional de Geología y Minería)	180	236	1,3
Calificación industrial (Secretaría Regional Ministerial de Salud)	42	50	1,2
Solución de conexión (Coordinador Eléctrico Nacional)	180	180	1,0
Excavaciones de tipo arqueológico, antropológico y paleontológico (PAS 132, Consejo de Monumentos Nacionales)	84	79	0,9
Rotura y reposición de pavimento (Serviu)*	180	168	0,9
Modificación, regularización o defensa de cauces naturales (PAS 156 y 157, Dirección General de Aguas)	120	94	0,8
Programa Compensación Emisiones (Secretaría Regional Ministerial Medio Ambiente)	180	133	0,7
Caza/captura de especies protegidas (PAS 146, Servicio Agrícola y Ganadero)	42	27	0,6
Informe Favorable de Construcción (Servicio Agrícola y Ganadero-Secretaría Regional Ministerial Agricultura-Servicio de Vivienda y Urbanismo)	180	86	0,5
Declaración Interés Nacional (Servicio Nacional de Geología y Minería)	180	64	0,4
Consulta de pertinencia (Servicio de Evaluación Ambiental)	180	57	0,3
Manejo de bosque nativo (PAS 152, Servicio Nacional de Geología y Minería)	180	-	-

Nota: Los plazos legales en cursiva corresponden al plazo supletorio de seis meses (implica que dichos permisos no tienen plazos legales definidos). Los permisos con asterisco (*) identifican trámites cuyos plazos fueron considerados críticos. En el PAS 138, el plazo legal y los tiempos de tramitación se refieren a la aprobación de proyecto; la autorización de funcionamiento tiene el mismo plazo legal de 42 días, pero no se tienen antecedentes sobre su tiempo de tramitación efectivo. El plazo legal del PAS 135 se computa desde la fecha de presentación, si no existieren observaciones, o de la fecha de recepción de la última respuesta a las observaciones formuladas. En el caso del PAS 152 no hay información sobre tiempos pues nunca se ha finalizado una tramitación asociada a este permiso.

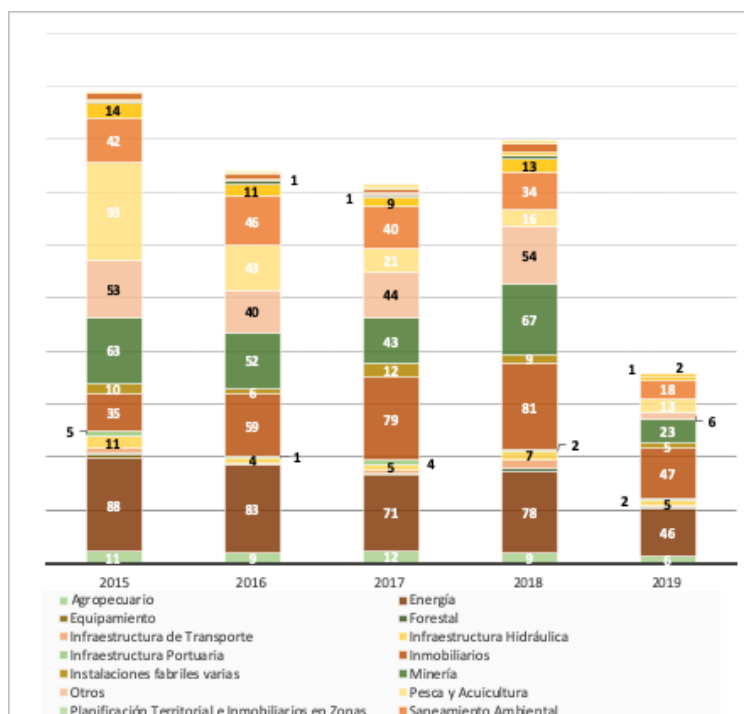
FUENTE: Reproducción tabla 3.2 del estudio "Calidad Regulatoria en Chile: Una Revisión de Sectores Estratégicos", CNP, Septiembre 2019.

Figura anexa 1.1 Distribución sectorial de proyectos con EIA aprobados Periodo 2015 – 2019



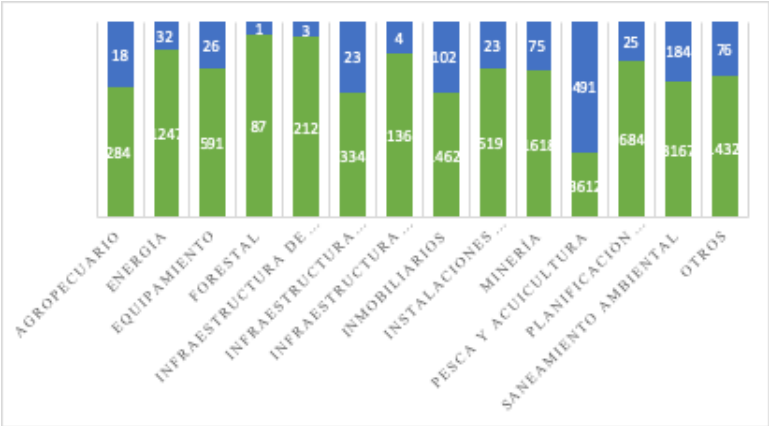
FUENTE: Construido a partir de datos extraídos del sitio web del SEA, en línea <http://seia.sea.gob.cl/busqueda/buscarProyecto.php>, agosto 2019.

Figura anexa 1.2 Distribución sectorial de proyectos con DIA aprobadas Periodo 2015 – 2019



FUENTE: Construido a partir de datos extraídos del sitio web del SEA, en línea <http://seia.sea.gob.cl/busqueda/buscarProyecto.php>, agosto 2019.

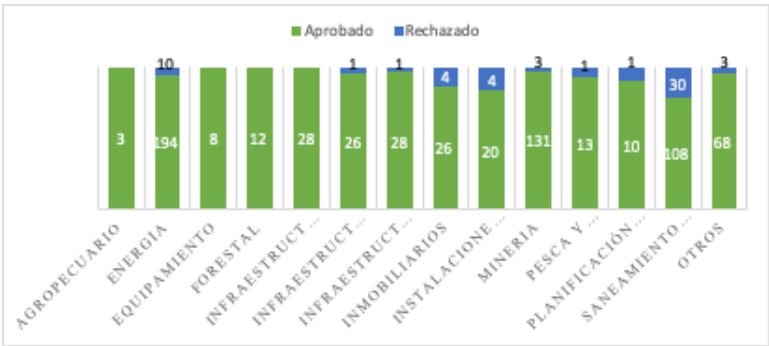
Figura anexa 1.3 Declaraciones de Impacto Ambiental aprobadas y rechazadas, por sector productivo. Período 1997-2019^a (número de proyectos)



^a 2019 hasta el 31 de mayo.

FUENTE: Construido a partir de datos extraídos del sitio web del SEA, en línea <http://seia.sea.gob.cl/busqueda/buscarProyecto.php>, agosto 2019.

Figura anexa 1.4 Estudios de Impacto Ambiental aprobados y rechazados, por sector productivo. Período 1997-2019^a. (número de proyectos)



^a 2019 hasta el 31 de mayo.

FUENTE: Construido a partir de datos extraídos del sitio web del SEA, en línea <http://seia.sea.gob.cl/busqueda/buscarProyecto.php>, agosto 2019.

ANEXO 2: CATEGORÍAS DE INFORMACIÓN DE LA SUPERINTENDENCIA DE MEDIO AMBIENTE

A la Superintendencia de Medio Ambiente, de acuerdo con el artículo 31 de su Ley Orgánica (artículo segundo de la Ley 20.417), en el marco del Sistema Nacional de Información de Fiscalización Ambiental, le corresponde administrar y asegurar el acceso público de los siguientes antecedentes y datos:

- Las Resoluciones de Calificación Ambiental y la totalidad de sus antecedentes; los permisos ambientales sectoriales asociados a cada una de ellas; las acciones de fiscalización desarrolladas a su respecto y sus resultados, y las mediciones, análisis y demás datos que los titulares deban proporcionar de conformidad a las exigencias establecidas por dichas Resoluciones.
- Los Planes de Prevención y/o de Descontaminación y la totalidad de sus antecedentes; las acciones de fiscalización desarrolladas a su respecto y sus resultados, y las mediciones, análisis y demás datos que conforme a las medidas de cada Plan, deban proporcionarse por los sujetos fiscalizados o por los organismos sectoriales competentes.
- Los procesos sancionatorios incoados respecto de cada actividad, proyecto y sujeto fiscalizado y sus resultados.
- Los procesos de fiscalización de las Normas de Emisión, de Calidad Ambiental y de las demás normas ambientales que no sean de control y fiscalización de otros órganos del Estado.
- Los dictámenes de la Contraloría General de la República recaídos en materias ambientales.
- Las sentencias definitivas de los Tribunales de Justicia recaídas en juicios de carácter ambiental.
- Toda otra decisión o resolución de carácter general emanada de autoridad recaída en asuntos ambientales.

ANEXO 3: PROBLEMAS DE FISCALIZACIÓN, SANCIÓN O CONTROL

(El cuadro que sigue reproduce la tabla 4 del documento “Fiscalización, sanción y control ambiental en Chile - Diagnóstico y propuestas para la Superintendencia del Medio Ambiente y Tribunales Ambientales” por Kay Bergamini y otros. 2017.)

Dimensión	Variable	PROBLEMÁTICA	
		Administración	Reglamentarios o legales
GOBERNABILIDAD	a. Empoderamiento	a.1. Excesivo celo sancionador por sobre mecanismos de incentivo al cumplimiento. a.2 Escasa jurisprudencia de los tribunales ambientales.	1.3 Aumento en la burocracia por nuevas instituciones en desmedro de la “ventanilla única”. 1.4 Controversias entre organismos fiscalizadores del Estado por la interpretación del artículo 2° de la Ley Orgánica de la Superintendencia del Medio Ambiente. a.5 Diseño institucional pensado en grandes empresas y casos.
	b. Institucionalidad	1.1 Falta mayor comunicación con los regulados. 1.2 Excesivo plazo para el procedimiento sancionatorio.	1.5 Foco puesto de sobremanera en la sanción. 1.6 Divergencias interpretativas en el diseño institucional. 1.7 Excesivo esfuerzo para el procedimiento sancionatorio.
		1.3 Excesivo formalismo por parte de los tribunales ambientales. 1.4 Marco regulatorio muy complejo de entender y excesiva discrecionalidad.	1.8 Problema en nombramiento de ministros. 1.9 Imposibilidad de ver situaciones que están fuera del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA) y que no puede ver estos organismos. b.10 Competencia residual ambiental.
	c. Nivel de desarrollo	c.1 Apertura de oficinas en todas las regiones.	c.2 Falta de competencias fiscalizadoras para escalas regionales y comunales
	d. Alianzas	1.1 Problemas de articulación con el Servicio de Evaluación Ambiental. 1.2 Problemas de articulación con municipalidades.	d.3 Dudas respecto de la recomendación de acciones si es obligatoria o debe ser voluntaria
	e. Pactos	e.1 Implementación adecuada de Entidades Técnicas de Fiscalización Ambiental y de Certificación Ambiental. e.2 Limitada capacidad técnica de tribunales ambientales.	N/A

Dimensión	Variable	PROBLEMÁTICA	
		Administración	Reglamentarios o legales
PLANIFICACIÓN	f. Objetivos	f.1 Desconocimiento de programas y subprogramas de fiscalización	N/A
	g. Estrategias y lineamientos	g.1 Desconocimiento en el avance de la planificación estratégica institucional, en la Superintendencia del Medio Ambiente, o existencia de esta, en los tribunales ambientales. g.2 Desconocimiento de los criterios en los procedimientos de sanción.	N/A
		h.1 Dudas respecto de la implementación efectiva de los programas y subprogramas de fiscalización. h.2 Desconocimiento de los criterios para procedimientos sancionatorios. h.3 Excesivos plazos de análisis de casos en los tribunales ambientales.	N/A
	i. Indicadores	i.1 Ausencia o desconocimiento de métricas estandarizadas.	i.2 Problemas en la efectividad real de implementar indicadores de desempeño por parte de organismos sectoriales.
Dimensión	Variable	PROBLEMÁTICA	
		Administración	Reglamentarios o legales
GESTIÓN	j. Liderazgos	j.1 Dudas respecto del real liderazgo institucional. j.2 Exceso de tiempos de respuesta en fiscalización y sanción.	j.3 Restricciones para la implementación de medidas provisionales. j.4 Obligaciones de cumplimiento poco claras.
	k. Recursos humanos	k.1 Baja dotación de funcionarios en la Superintendencia del Medio Ambiente. k.2 Dotación presupuestaria baja en relación con otras superintendencias. k.3 Exceso de tiempo dedicado a actividades complementarias a la labor de tribunal ambiental.	
	l. Medios tecnológicos	l.1 Escasez de recursos para administrar tecnología propia para fiscalización.	N/A
	m. Apoyos externos	m.1 Ausencia de centros de referencia en materias ambientales.	N/A
	n. Autonomía	N/A	n.1 Problemas de autonomía política real en la Superintendencia del Medio Ambiente y en los tribunales ambientales.

ANEXO 4: ESTADÍSTICAS DE LA FISCALIZACIÓN

Figura anexa 4.1 Fiscalizaciones realizadas por la Superintendencia del Medio Ambiente. Período 2013-2019



FUENTE: SNIFA/SMA, en línea, <http://snifa.sma.gob.cl/v2/Estadisticas/Resultado/1>, agosto 2019.

Cuadro anexo 4.1 Resoluciones de Calificación Ambiental calificadas favorablemente, por Región. Período 1997-2019^a

Región	Ingresada por DIA	Ingresada por EIA	Total regional
Arica y Parinacota	138	3	141
Tarapacá	400	37	437
Antofagasta	1.032	134	1.068
Atacama	661	74	735
Coquimbo	449	45	494
Valparaíso	661	72	733
Región Metropolitana	2.186	89	2.275
O'Higgins	582	24	606
Maule	841	32	873
Ñuble	4	0	4
Biobío	1.151	81	1.232
Araucanía	501	18	519
Los Ríos	242	8	250
Los Lagos	2.743	33	2.776
Aysén	1.539	17	1.556
Magallanes y Antártida Chilena	982	24	1.006
Interregionales	378	69	447
Total	14.490	760	15.152

^a A junio 2019.**FUENTE:** Datos obtenidos en línea desde el SNIFA. En <http://snifa.sma.gob.cl/v2/Instrumento>,

ANEXO 5: FALLOS Y RESOLUCIONES DEL TRIBUNAL AMBIENTAL DE SANTIAGO 2013-2019

Los datos a continuación fueron derivados de los listados de sentencias del Tribunal Ambiental de Santiago publicados en su portal internet (en línea, <https://www.tribunalambiental.cl/sentencias-e-informes/sentencias/>, agosto 2019).

Cuadro Anexo 5.1 Fallos por reclamaciones de ilegalidad del Tribunal Ambiental de Santiago. Período 2013-2019

Año del fallo	Reclamaciones acogidas	Reclamaciones acogidas parcialmente	Reclamaciones rechazadas	Total fallos	Recursos sometidos a la Corte Suprema
2013	1	0	1	2	0
2014	6	4	4	14	8
2015	2	3	4	9	3
2016	3	0	16	19	14
2017	4	3	17	24	9
2018	6	1	12	19	9
2019	4	2	5	11	0
Total período	26	13	59	98	43
Porcentajes	26,5	13,3	60,2	100,0	--

Cuadro Anexo 5.2 Fallos de demandas por daño ambiental del Tribunal Ambiental de Santiago. Período 2013-2019

Año del fallo	Demandas acogidas	Demandas acogidas parcialmente	Demandas rechazadas	Total fallos	Recursos sometidos a la Corte Suprema
2013	0	0	0	0	0
2014	1	0	0	1	0
2015	0	0	3	3	2
2016	1	0	0	1	0
2017	3	0	1	4	3
2018	5	0	1	6	0
2019	1	0	0	1	0
Total período	11	0	5	16	5
Porcentajes	68,8	0,0	31,2	100,0	--

Cuadro Anexo 5.3 Resoluciones por solicitudes de la Superintendencia de Medio Ambiente ingresadas al Tribunal Ambiental de Santiago^a. Período 2013-2019

Año del fallo	Solicitudes autorizadas	Solicitudes rechazadas	Total
2013	4	2	6
2014	5	1	6
2015	10	0	10
2016	31	2	33
2017	5	3	8
2018	3	0	3
2019	2	0	2
Total período	60	8	68
Porcentajes	88,2	11,8	100,0

^a Solicitudes autorizando sanciones de clausura temporal o definitiva y/o de revocación de la RCA por infracciones por incumplimiento y otras causales de acuerdo con artículos 38 y 57 de la Ley 20.417.

ACRÓNIMOS Y SIGLAS

BCN	Biblioteca del Congreso Nacional
CAP	Comisión Asesora Presidencial para la Evaluación del SEIA
CAPP	Centro de Análisis de Políticas Públicas, INAP, Universidad de Chile
CEPAL	Comisión Económica para América Latina y el Caribe, Naciones Unidas
CMS	Consejo de Ministros para la Sustentabilidad
CONAMA	Comisión Nacional de Medio Ambiente
CSCP	Comisión Sindical Ciudadana Parlamentaria para la Reforma del SEIA
DIA	Declaración de Impacto Ambiental
DS	Decreto Supremo
EIA	Estudio de Impacto Ambiental
FPA	Fondo de Protección Ambiental concursable
GBIF	Global Biodiversity Information Facility (Fondo Mundial de Información sobre Biodiversidad)
GEF	Global Environmental Facility (Fondo para el Medio Ambiente Mundial)
IDE	Sistema de Infraestructura de Datos Geoespaciales
INAP	Instituto de Asuntos Públicos, Universidad de Chile
INE	Instituto Nacional de Estadísticas
LBGMA	Ley sobre Bases Generales de Medio Ambiente
MAPS	Mitigation Action Plans and Scenarios (Opciones de mitigación para enfrentar el cambio climático)
MINAGRI	Ministerio de Agricultura
MMA	Ministerio de Medio Ambiente
OCDE	Organización de Cooperación y Desarrollo Económico
ODS	Objetivos de Desarrollo Sostenible
PPDA	Planes de Prevención y Descontaminación Ambiental
PRAS	Programa para la Recuperación Ambiental y Social
PUC	Pontificia Universidad Católica de Chile
RCA	Resolución de calificación ambiental
RCD	Residuos de la Construcción y la Demolición
RENFA	Red Nacional de Fiscalización Ambiental
REP	Responsabilidad Extendida del Productor
RETC	Registro de Emisiones y Transferencias Contaminantes
SBAP	Servicio de Biodiversidad y Áreas Protegidas
SEA	Servicio de Evaluación Ambiental
SEIA	Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental
SEREMI	Secretaría Regional Ministerial (plural seremías)
SERNAGEOMIN	Servicio Nacional de Geología y Minería
SINIA	Sistema Nacional de Información Ambiental
SNCAE	Sistema Nacional de Certificación Ambiental de Establecimientos Educativos
SNICHILE	Sistema Nacional de Inventarios de Gases de Efecto Invernadero de Chile
SMA	Superintendencia de Medio Ambiente
SNIFA	Sistema Nacional de Información sobre Fiscalización Ambiental
UF	Unidades fiscalizables (SMA)