

(CR)<sup>2</sup>

Center for Climate  
and Resilience Research  
[www.CR2.cl](http://www.CR2.cl)

INFORME A LAS NACIONES

# “Marea roja” y cambio global:

Elementos para la construcción de  
una gobernanza integrada de las  
Floraciones de Algas Nocivas (FAN)



UNIVERSIDAD  
DE CHILE

PATROCINA



UNIVERSIDAD  
DE CONCEPCIÓN

INSTITUCIONES ASOCIADAS



UNIVERSIDAD  
AUSTRAL DE CHILE



AGENCIA NACIONAL DE  
INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO

FINANCIA



INFORME A LAS NACIONES

# "Marea roja" y cambio global:

Elementos para la construcción de una gobernanza integrada de las Floraciones de Algas Nocivas (FAN)

## **Autores coordinadores**

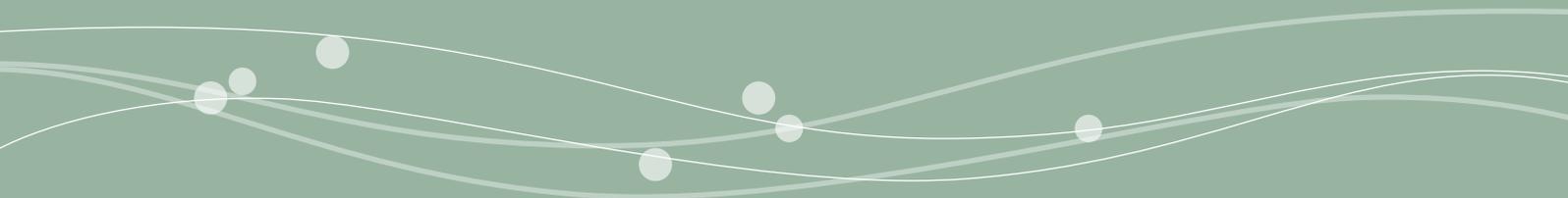
Ana María Ugarte  
Javier Romero  
Laura Farías  
Rodolfo Sapiains  
Pilar Aparicio-Rizzo  
Laura Ramajo  
Catalina Aguirre  
Ítalo Masotti  
Martín Jacques

## **Autores participantes**

Paulina Aldunce  
Claudia Alonso  
Gabriela Azócar  
Reynier Bada  
Facundo Barrera  
Marco Billi  
Juan Pablo Boisier  
Pamela Carbonell (IFOP)  
Lucas de la Maza  
María Belén de la Torre  
Óscar Espinoza-González (IFOP)  
Juan Faúndez  
René Garreaud  
Gabriela Guevara  
Mirela González  
Leonardo Guzmán (IFOP)  
Josefina Ibañez  
Cecilia Ibarra  
Andrés Marín (ULagos)  
Ryan Mitchell  
Pilar Moraga  
Diego Narváez (COPAS-Coastal, UdeC)  
Raúl O'Ryan  
Constanza Pérez  
Alex Pilgrin  
Elías Pinilla (IFOP)  
Roberto Rondanelli  
Macarena Salinas  
Ricardo Sánchez  
Karen Sanzana  
Christian Segura  
Pedro Valdebenito (IFOP)  
Daniela Valenzuela  
Sebastián Vásquez (Inpesca)  
Clemente Williams

## **Colaboradores**

Lino Alarcón (SEREMI Salud oficina BioBío)  
Sergio Bahamondez  
Aldo Barreiro (UMAG)  
Alejandro Barrientos (Sernapesca)  
Deniz Bozkurt  
Noelia Carrasco  
Silvana Concha (SEREMI Salud oficina Concepción)  
Patricio Díaz (i-Mar)  
Claudio Durán (Sernapesca)  
Máximo Frangópulos (UMAG)  
Bárbara Jaramillo (UV)  
Bárbara Morales  
Francisca Muñoz  
Ignacio Novoa  
Humberto Pool (Sernapesca)  
Lucas Rabi  
Andrea Rivera (MINSAL)  
Paulina Solar (MINSAL)  
Benjamín Suárez (LABTOX)  
María Angélica Tocornal (MINSAL)  
Nicole Tondreau  
Estefanía Vilches



Los resultados presentados en este informe son parte del trabajo interdisciplinario que realiza el Centro de Ciencia del Clima y la Resiliencia (CR)<sup>2</sup>.

El (CR)<sup>2</sup> es un centro de excelencia financiado por el programa FONDAP de ANID (Proyecto 15110009) en el cual participan cerca de 60 investigadores e investigadoras de la Universidad de Chile, la Universidad de Concepción, la Universidad Austral de Chile y otras instituciones académicas.

La versión electrónica de este documento está disponible en el sitio web [www.cr2.cl/fan](http://www.cr2.cl/fan)



### **Segunda edición:**

Diciembre de 2022

### **Autores coordinadores:**

Ana María Ugarte, Javier Romero, Laura Farías, Rodolfo Sapiains, Pilar Aparicio-Rizzo, Laura Ramajo, Catalina Aguirre, Ítalo Masotti, Martín Jacques

### **Edición general:**

José Barraza, Ana María Ugarte, Javier Romero, Laura Farías, Pilar Aparicio-Rizzo, Rodolfo Sapiains, Ítalo Masotti

### **Diseño:**

M. Giselle Ogaz

### **Fotografías:**

- © Dr. Ulrich Pörschmann (Portada, página 50)
- © Andrés Marín (Páginas 43, 54)
- © Equipo FAN (Páginas 16, 33, 38, 44, 60)
- © Shutterstock.com (Páginas 4, 28, 46, 66, 69)
- © Meteored.cl (Página 22)
- © Freepik.com (Páginas 8, 18, 31, 45, 61, 62, 65, 71, 72)

### **La presente publicación debe citarse como:**

Ugarte, A., Romero, J., Farías, L., Sapiains, R., Aparicio-Rizzo, P., Ramajo, L., Aguirre, C., Masotti, I., Jacques, M., Barrera, F., Billi, M., Boisier, J., Carbonell, P., De la Maza, L., De la Torre, M., Espinoza-González, O., Faúndez, J., Muñoz, F., Garreaud, R., Guevara, G., González, M., Guzmán, L., Ibáñez, J., Ibarra, C., Marín, A., Mitchell, R., Moraga, P., Narváez, D., O’Ryan, R., Pérez, C., Pilgrin, A., Pinilla, E., Rondanelli, R., Salinas, M., Sánchez, R., Sanzana, K., Segura, C., Valdebenito, P., Valenzuela, D., Vásquez S., & Williams, C. (2022). *"Marea roja" y cambio global: elementos para la construcción de una gobernanza integrada de las Floraciones de Algas Nocivas (FAN)*. Centro de Ciencia del Clima y la Resiliencia (CR)<sup>2</sup>, (ANID/FONDAP/15110009), 84 pp. Disponible en [www.cr2.cl/fan](http://www.cr2.cl/fan)

# Índice



## Introducción

5



## Capítulo 1 Caracterización socioecológica del sistema costero-marino de la Patagonia chilena

9



## Capítulo 2 Impactos multidimensionales de las FAN

15



## Capítulo 3 Amenazas climáticas que favorecen a las FAN

23



## Capítulo 4 Exposición y vulnerabilidad ante FAN

29



## Capítulo 5 Gobernanza de FAN en Patagonia

39



## Capítulo 6 Análisis de respuestas ante episodios de FAN

47



## Capítulo 7 Encuesta de percepciones locales sobre FAN en la Patagonia

55



## Capítulo 8 Conclusiones

63



## Capítulo 9 Recomendaciones. Camino a una gobernanza climática de las FAN

67



## Referencias

73



## Glosario

81

## Contenido web



Anexos



Video FAN



Infografía FAN



The background features a complex, abstract design. On the left side, there are several thin, white, wavy lines that curve and flow downwards. The rest of the image is filled with a dense field of small, glowing particles in shades of orange, red, and blue, creating a sense of depth and movement. A semi-transparent green horizontal bar is positioned across the middle of the image, containing the text 'Introducción' in white.

# Introducción

# Introducción

Las floraciones de algas nocivas (FAN) son eventos naturales que ocurren cuando determinadas especies del [fitoplancton\\*](#) que habita en los ecosistemas acuáticos, lagos u océanos, aumentan rápidamente su abundancia, pudiendo afectar la salud humana, a los organismos que allí habitan, y a múltiples actividades económicas o sociales (por ejemplo, la [acuicultura](#) y el turismo), entre muchos otros impactos. Este fenómeno es muy reconocible a simple vista, ya que los pigmentos de las microalgas tiñen las aguas de diferentes colores, como verde, café o rojo, entre otros, siendo este último el que más se asocia a las FAN; de ahí que coloquialmente se hable de "marea roja" y se utilice este concepto como sinónimo de FAN, aunque no sean exactamente lo mismo.

Algunas floraciones de algas nocivas son causadas por especies del fitoplancton que producen toxinas, las que son asimiladas por organismos filtradores, como los moluscos [bivalvos](#) (choritos, machas y ostiones, entre otros), los que, al ser consumidos por los humanos u otras especies (aves y mamíferos), pueden provocar graves intoxicaciones e incluso la muerte. Estas toxinas o venenos se han agrupado, según sus efectos, en tres grandes categorías: **toxina paralizante de los mariscos** (TPM), **toxina diarreica de los mariscos** (TDM) y **toxina amnésica de los mariscos** (TAM). En tanto, hay floraciones nocivas que no son necesariamente tóxicas, pero que, igualmente, generan efectos nocivos al ser humano, otros organismos o a un ecosistema en su conjunto. Por ejemplo, pueden provocar daño en las branquias de peces en cultivo, bajas de oxígeno al descomponerse el fitoplancton (lo que causa asfixia en otros organismos), arruinar el valor paisajístico de las playas debido a la formación de espuma y el mal olor asociado a la descomposición, o generar grandes varazones y muertes de peces.

Así, todo tipo de FAN se puede convertir en un problema socioambiental de gran relevancia, especialmente para las comunidades humanas que habitan zonas costeras, más aún considerando los múltiples desafíos ambientales globales que enfrenta nuestro planeta y, especialmente, en el contexto de cambio climático. De hecho, existe evidencia de que el calentamiento y la

acidificación de los océanos podrían favorecer la proliferación y toxicidad de algunas especies que ocasionan estas floraciones (IPCC, 2019; Trainer et al., 2020).

Chile es uno de los cuatro focos mundiales que tienden a desarrollar floraciones catastróficas dada la gran magnitud de los impactos que pueden provocar (Smayda, 2000). En nuestro país, las FAN han tenido un aparente incremento en las últimas décadas y se han concentrado mayormente en la zona sur-austral, en fiordos y canales de las regiones de Los Lagos, Aysén y Magallanes. Ante estos eventos, el Estado ha realizado importantes esfuerzos tanto a nivel sanitario como socioeconómico, principalmente mediante programas de monitoreo para salvaguardar vidas humanas y gestionar el manejo adecuado de los recursos marinos. Si bien estos esfuerzos han tenido resultados positivos previniendo intoxicaciones y muertes asociadas (Instituto de Salud Pública de Chile 2010, 2012, 2022), es importante mantener la vigilancia y mejorarla continuamente.

Lo anterior refleja el importante desarrollo que ha tenido el estudio de estos fenómenos en Chile, particularmente desde las ciencias naturales. Sin embargo, aún existe una brecha de conocimiento en torno a dimensiones como la gestión integral del riesgo, los impactos más allá de lo sanitario, las percepciones y respuestas locales frente a las FAN y la gobernanza del problema. En este sentido, es necesario favorecer una investigación inter y transdisciplinaria que posibilite el diálogo entre el conocimiento científico y los saberes y experiencias de las comunidades locales, avanzando hacia el desarrollo de una nueva gobernanza de las FAN que favorezca el proceso de toma de decisiones, que se centre en las particularidades que implica la adaptación al cambio climático, que posea una orientación más local, construida sobre relaciones de confianza, y con una coordinación efectiva entre la diversidad de sectores sociales involucrados. El objetivo de este Informe a las Naciones es contribuir con evidencia científica al entendimiento de las FAN desde una mirada transdisciplinaria, con un enfoque de [gobernanza climática transformativa](#) que permita tanto a las autoridades como al sector privado y las comunidades locales desarrollar estrategias más efectivas para la prevención, mitigación y adaptación, mejorando la forma en que se responde a

\* [Todas las palabras en azul y subrayadas se encuentran definidas en el Glosario, al final del Informe](#)

estos eventos y avanzando hacia una mayor [resiliencia](#) de las zonas costeras de la Patagonia chilena, la que, para fines de este informe, comprende las regiones de Los Lagos, Aysén y Magallanes, principalmente sus fiordos y canales. Para cumplir esta meta utilizamos el marco conceptual propuesto por el Panel Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC), aplicando lo planteado en su último reporte publicado en el año 2022. De esta manera, los conceptos de riesgo, amenaza, exposición y vulnerabilidad, junto con el de [transformación](#), son centrales en este diálogo (ver Box 1). Metodológicamente, trabajamos con diversas bases de datos e información asociadas a eventos FAN, y analizamos algunos eventos específicos. Asimismo, desarrollamos estudios de caso en determinados territorios (ver Figura 1).

El informe consta de nueve capítulos. El **primero** presenta brevemente el sistema marino costero en estudio, la Patagonia chilena, en términos climáticos, físico-químicos, biológicos, socioambientales y culturales. El **capítulo dos** describe y analiza los principales impactos de las FAN sobre estos sistemas socioecológicos. El **capítulo tres** presenta uno de los elementos que componen el riesgo de FAN bajo un contexto de cambio climático y la presión de las actividades humanas: las amenazas. El **capítulo cuatro** presenta los otros dos

elementos del riesgo de FAN: exposición y vulnerabilidad. El **capítulo cinco** caracteriza y analiza la gestión actual de estos eventos, destacando la forma en que se toman las decisiones, las entidades que participan y la coordinación entre estas, así como también las principales fortalezas y debilidades del modelo, y qué características posee. El **capítulo seis** describe y clasifica las respuestas ante episodios de FAN que se han llevado a cabo en algunos territorios de la Patagonia chilena, mostrando también cómo se han abordado a nivel internacional, reflexionando sobre la importancia de construir nuevas respuestas bajo un enfoque transformacional. El **capítulo siete** presenta en detalle los resultados de la encuesta de percepciones sobre FAN que se aplicó en la Patagonia chilena. El **capítulo ocho** sintetiza los principales hallazgos del informe y revisa las brechas de adaptación encontradas. Finalmente, el **capítulo nueve** propone recomendaciones de política pública para avanzar hacia una gobernanza climática transformativa.

Si bien ha sido el Centro de Ciencia del Clima y la Resiliencia (CR)<sup>2</sup> el que ha liderado este informe, en su construcción también participaron activamente integrantes de otros centros de investigación, de la academia, del Estado y de instituciones sociales y privadas.

## BOX 1

### Mapa conceptual y definiciones básicas

En línea con el último informe del IPCC, publicado el año 2022, que releva un enfoque ecosistémico para abordar el cambio climático, se comprende al **riesgo** como el potencial de consecuencias adversas para los sistemas humanos y ecológicos, reconociendo las interacciones dinámicas entre: la **amenaza**, como ocurrencia potencial de un evento natural o inducido por el humano que impacta en los sistemas; la **exposición**, como presencia de personas, medios de subsistencia, ecosistemas, funciones, servicios y recursos medioambientales, infraestructura, o activos económicos, sociales o culturales que pueden verse afectados negativamente; y la **vulnerabilidad** del sistema humano o ecológico que presenta una propensión o predisposición a verse afectado. Cada uno de estos elementos es entendido sistémicamente, comprendiendo su propia complejidad e integrando las interacciones existentes entre los sistemas humanos y naturales.

Para abordar el riesgo surgen respuestas sociales asociadas, las cuales pueden ser de **mitigación**, reduciendo los impactos o mejorando las condiciones para enfrentarlos; **adaptativas**, considerando el daño potencial de un evento y respondiendo anticipadamente a sus consecuencias o aprovechando las oportunidades que se puedan generar; y **transformativas**, al cambiar los atributos fundamentales de un [sistema socioecológico](#).

Más información



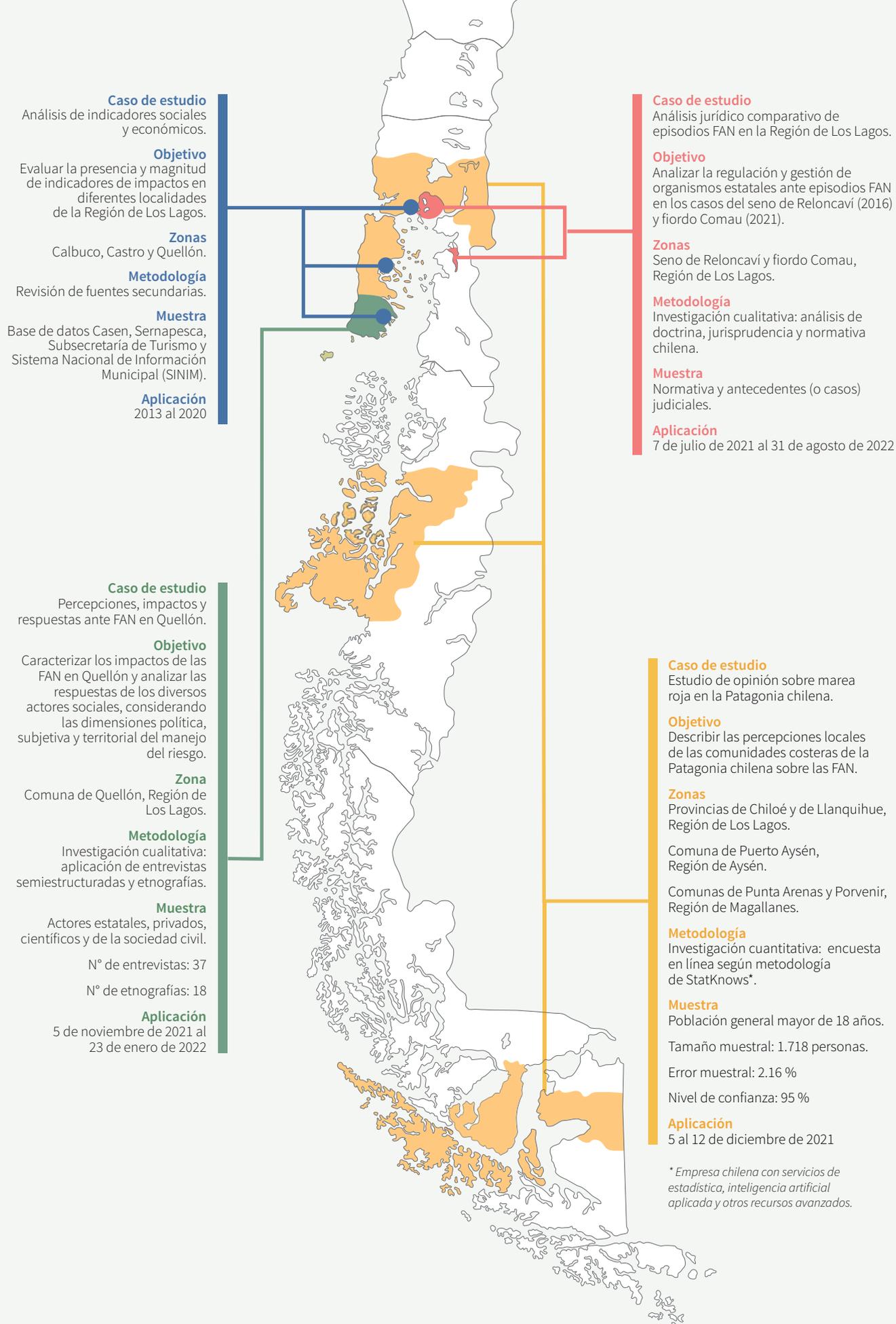
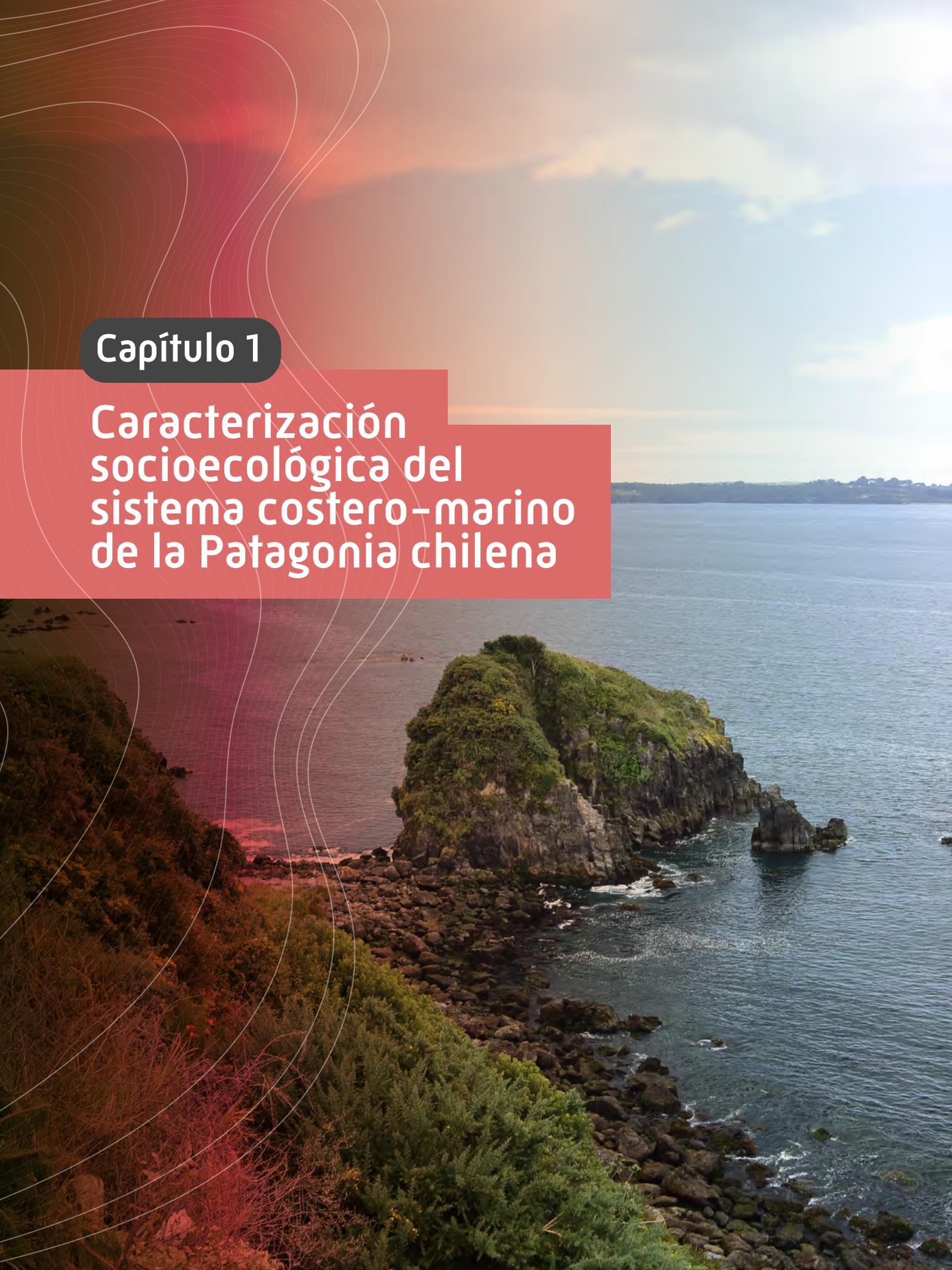


Figura 1: Casos de estudio. Informe a las Naciones, FAN. Fuente: Elaboración propia



## Capítulo 1

# Caracterización socioecológica del sistema costero-marino de la Patagonia chilena

# Caracterización socioecológica del sistema costero-marino de la Patagonia chilena

*La zona de fiordos y canales que comprende la Patagonia chilena abarca más de un tercio de las costas del país, y constituye un enclave único y diverso bajo marcados impactos derivados tanto del cambio climático como de otros forzantes socioambientales. A continuación, presentamos brevemente las principales características del sistema costero-marino, desde su riqueza ecosistémica hasta la diversidad sociocultural de las comunidades costeras que, a lo largo de la historia, han habitado en esta vasta región.*

La Patagonia chilena, considerada como uno de los ecosistemas más prístinos del mundo, representa una de las principales reservas de agua dulce del planeta. Allí se encuentran humedales, turberas, glaciares, fiordos, ríos, lagos y bosques capaces de almacenar tres veces más carbono por hectárea que la Amazonía.

Con una extensión lineal de aproximadamente más de 1500 km de norte a sur, y una intrincada zona costera que se ubica a menos de 300 km de los Andes australes, este territorio se caracteriza por presentar una gran riqueza paisajística, cultural y ecosistémica a lo largo de las regiones de Los Lagos, Aysén y Magallanes. Desde un punto de vista biogeográfico, este extenso territorio alberga una gran biodiversidad y [productividad biológica](#), pudiéndose diferenciar tres grandes [ecorregiones](#): Chiloé-Taitao, Kawésqar y Magallanes, que proveen de servicios ecosistémicos a los habitantes de la zona. A pesar de la gran extensión territorial, la Patagonia chilena solo alberga un 6,25 % de la población total nacional y un 13 % de la población indígena, con una densidad de 3,79 habitantes por kilómetro cuadrado (INE, 2018), pero con una huella antrópica sustancial debido, principalmente, a la expansión de la acuicultura en las últimas décadas (Buschmann et al., 2021).

La incesante influencia de los vientos del oeste que cruzan la Patagonia resulta en copiosas precipitaciones (entre 3000 y 7000 mm/año) (Garreaud et al., 2013), las que, sumadas al aporte de agua dulce de origen glaciar, producen una alta [escorrentía](#) y descarga de ríos, que aportan silicatos y sedimentos hacia la zona costera (Iriarte et al., 2014; González et al., 2019). La interacción entre el agua dulce continental y el agua salada oceánica,

que ingresa principalmente por la boca del Guafo, el golfo de Penas y el canal Concepción, crea un sistema de [circulación estuarina](#) con marcados cambios de temperatura y salinidad que controlan la productividad biológica y la biomasa y estructura del fitoplancton que sustenta las pesquerías y acuicultura regional (ver Figura 2) (Iriarte et al., 2014; Cuevas et al., 2019; González et al., 2019; Pérez et al., 2021).

La compleja geografía, el clima hiperhúmedo y el acceso a los recursos, han sido factores determinantes para el asentamiento y expansión del ser humano en la zona. A lo largo de la historia los principales cambios demográficos registrados en la Patagonia han estado asociados a la explotación de los recursos naturales disponibles. Tras la llegada de las primeras exploraciones europeas en el siglo XVI y la colonización española, el desarrollo de actividades económicas como la explotación forestal y la caza de lobos marinos, nutrias y ballenas (s. XVII al XIX), seguido de la ganadería latifundista (s. XIX), supusieron un impulso económico para la zona, con un incremento de la población atraída por este auge (WWF Chile, 2011; Quiroz, 2020; Sepúlveda & Lara, 2021) (ver Figura 1). Sin embargo, estas actividades produjeron un gran impacto para los pueblos originarios, los cuales sufrieron genocidio y persecución a mediados del siglo XIX, llevándolos a la esclavitud y el aislamiento, y viéndose forzados a cambiar su estilo de vida nómada. A pesar de todo ello, los pueblos originarios han sido parte fundamental en la construcción de la sociedad y del territorio como lo entendemos en la actualidad.

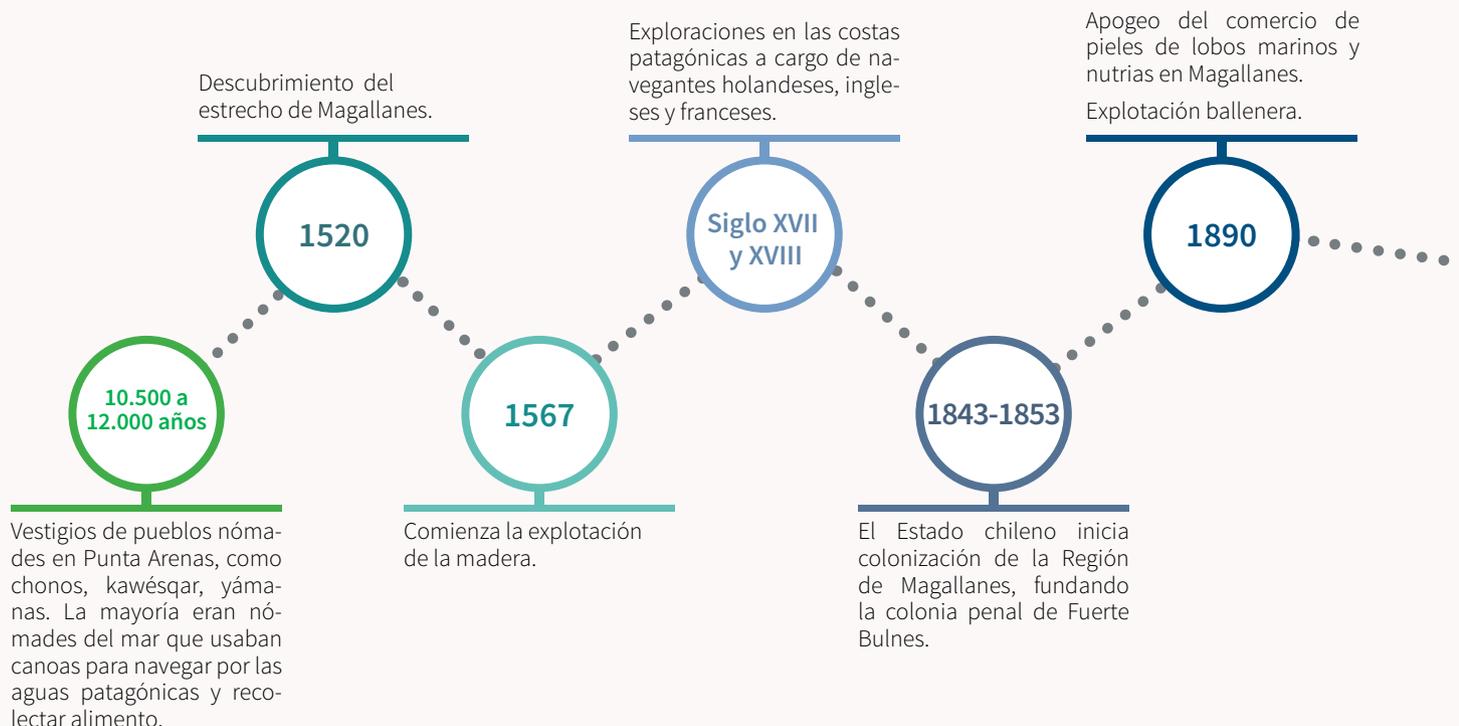


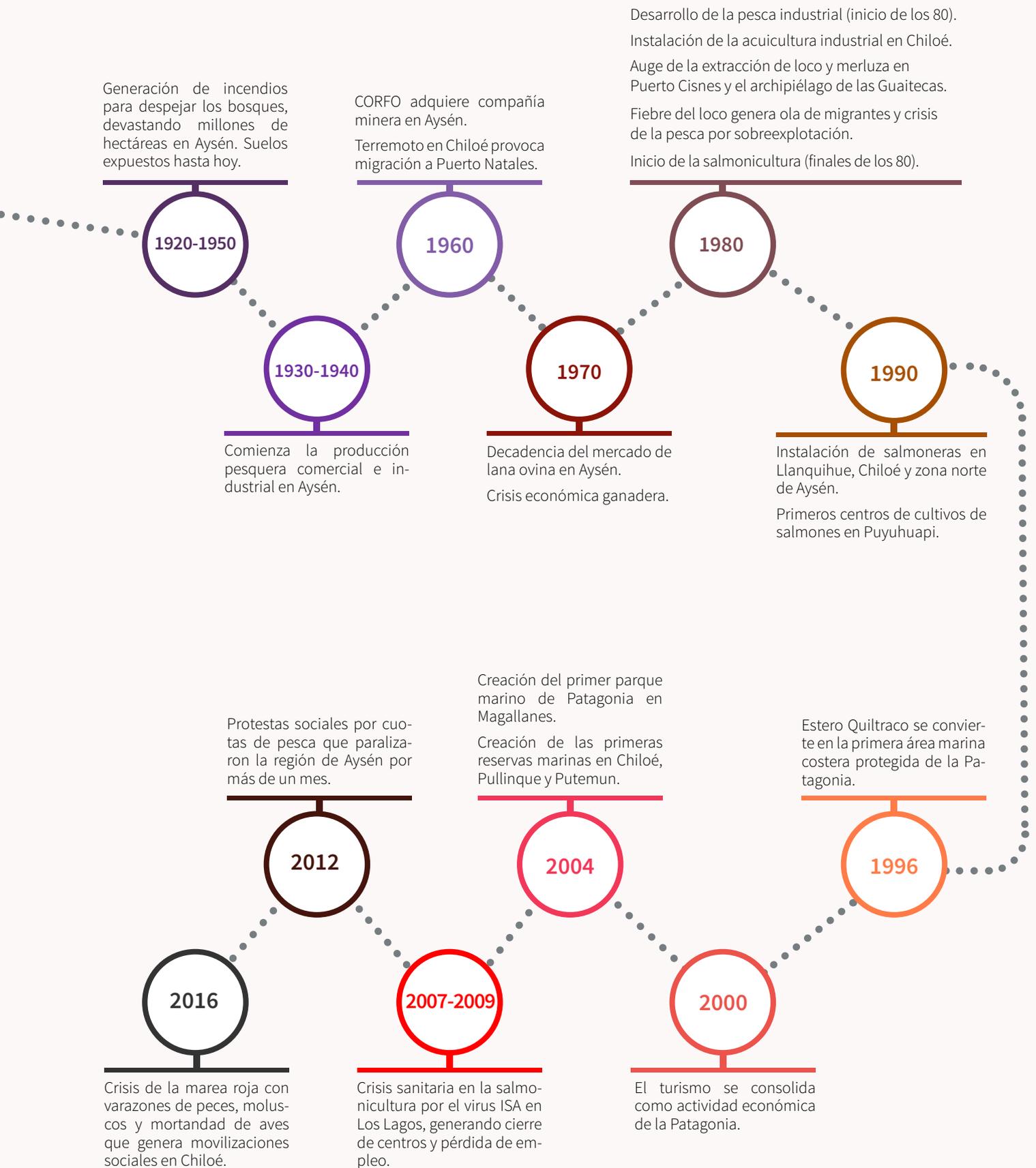
Figura 1: Cronograma de la historia de la Patagonia con principales eventos históricos, económicos, y ambientales. Fuente: Elaboración propia.

La llegada de la acuicultura industrial en los años 80 y su crecimiento exponencial jugó un rol determinante en la zona de fiordos y canales chilenos, dando lugar a una migración masiva hacia las localidades costeras y un cambio en el estilo de vida de las comunidades. Trabajadores independientes dedicados a la pesca artesanal, la recolección de moluscos y algas a escala local, o a la agricultura a pequeña escala, pasaron a trabajar para grandes industrias acuícolas (WWF Chile, 2011; Sepúlveda & Lara, 2021).

Aunque actividades como la agricultura y la explotación forestal se siguen desarrollando, la pesca junto con la recolección de algas y el cultivo de moluscos y salmónidos constituyen las principales actividades económicas de las comunidades costeras del territorio, las que dependen en gran medida del mar y de los recursos que este les brinda. Culturalmente, es innegable el vínculo entre el ser humano y el mar que a lo largo de la historia ha caracterizado a las comunidades costeras de la Patagonia. “La mar”, como coloquialmente se le llama, es considerada un espacio a proteger y preservar, no es un mero reservorio de recursos para estas co-

munidades, sino una parte intrínseca e insustituible de su identidad, siendo escenario de recuerdos arraigados en la memoria colectiva.

Sin embargo, el cambio en el modelo económico que supuso la llegada y expansión de la acuicultura industrial trajo consigo impactos tanto culturales -cambios en algunas tradiciones y saberes- como socioecológicos, deteriorando hábitats naturales y gatillando [crisis socioambientales](#). Este escenario se ha vinculado con un potencial incremento en la ocurrencia, duración y expansión de las FAN, desde Magallanes a Los Lagos (Buschmann et al., 2006; Crawford et al., 2021; Soto et al., 2021). En los últimos años, los impactos asociados a estos eventos, junto con la motivación por fortalecer tradiciones y saberes por parte de las comunidades costeras, ha llevado a la creación de movimientos socioambientales que buscan conservar los ecosistemas a través de un [desarrollo sustentable](#) y [sostenible](#) de la zona, con un reflejo en el incremento de las áreas protegidas a lo largo de la Patagonia (Sepúlveda & Lara, 2021).



## FAN en el contexto de la variabilidad climática

Las FAN, a lo largo del sistema costero-marino de fiordos y canales de la Patagonia chilena, son causadas por diferentes especies autóctonas del fitoplancton, principalmente [diatomeas](#) y [dinoflagelados](#). Podemos mencionar *Alexandrium catenella*, *Pseudo-nitzschia* sp. y *Dinophysis* sp., entre otras (Alves de Souza et al., 2019; Crawford et al., 2021; Díaz et al., 2021), las cuales tienen efectos nocivos en la población humana y la fauna local.

Históricamente, la ocurrencia de FAN en la Patagonia se puede remontar a finales del siglo XVI (1584-1599), cuando los primeros exploradores describen intoxicaciones al consumir moluscos (Kerr, 1824; Henry, 1875; citados en Crawford et al., 2021). En tanto, los primeros registros científicos de FAN con efectos en la salud humana datan de principios de la década de 1970, y están asociados a floraciones de *Dinophysis* sp. y *Alexandrium catenella* en Los Lagos y Magallanes, respectivamente. En las últimas décadas, el registro de FAN a lo largo de la Patagonia muestra una alta variabilidad y diversidad, con eventos causados tanto por especies tóxicas como no tóxicas (por ejemplo: *Pseudochattonella* sp., *Heterosigma akashiwo*, *Karenia* cf. *mikimotoi*), con repercusiones socioeconómicas o sanitarias que desde los años 90 hasta la fecha parecen haber incrementado en Patagonia norte, especialmente en las regiones de Aysén y Los Lagos (ver Figura 2).

Estas floraciones constituyen un proceso natural, cuya ocurrencia, distribución y duración es variable dependiendo de la especie involucrada y de múltiples factores, incluyendo cambios en las condiciones fisicoquímicas de las aguas relacionados con la variabilidad climática natural, el cambio climático y la influencia humana (León-Muñoz et al., 2018; Alves de Souza et al., 2019; Crawford et al., 2021).

Cabe señalar que fenómenos climáticos de escala global como El Niño Oscilación del Sur (ENOS) y el Modo Anular del Sur (SAM), que producen variaciones climáti-

cas, incluyendo sequías en los meses de verano y otoño en la zona norte de Patagonia, han sido relacionados con la ocurrencia de FAN, como el evento ocurrido en la ecorregión de Chiloé-Taitao el año 2016. Este evento, dio lugar a una de las mayores crisis socioambientales de la historia en el territorio, con graves consecuencias a nivel ecológico (mortalidad masiva de aves, peces y cetáceos) y socioeconómico (pérdida de fuentes de trabajo, disminución de ingresos, protestas ciudadanas) (León-Muñoz et al., 2018; Mardones et al., 2021).

Tanto el ENOS como el SAM ocurren naturalmente en el sistema climático, alternando entre sus fases positivas y negativas. En las últimas décadas, el SAM muestra una clara tendencia hacia su fase positiva, dando lugar a un debilitamiento de los vientos del oeste, un aumento en la temperatura del aire asociado a una mayor radiación solar, y cambios en la precipitación con sequía en la Patagonia norte y un aumento de lluvias en Magallanes (Garreaud, 2018; Aguayo et al., 2021). Esta tendencia es causada por la disminución del ozono en la estratósfera y el aumento de gases de efecto invernadero, ambos debido a la acción humana. La sequía en la Patagonia norte, donde reside más del 75 % de la población total del territorio (INE, 2018), es uno de los signos más claros del cambio climático en Chile, el cual continuaría durante el resto del siglo XXI (Aguayo et al., 2021; IPCC 2021), alertando de un potencial incremento de especies fitoplanctónicas causantes de FAN favorecidas bajo dicho escenario.

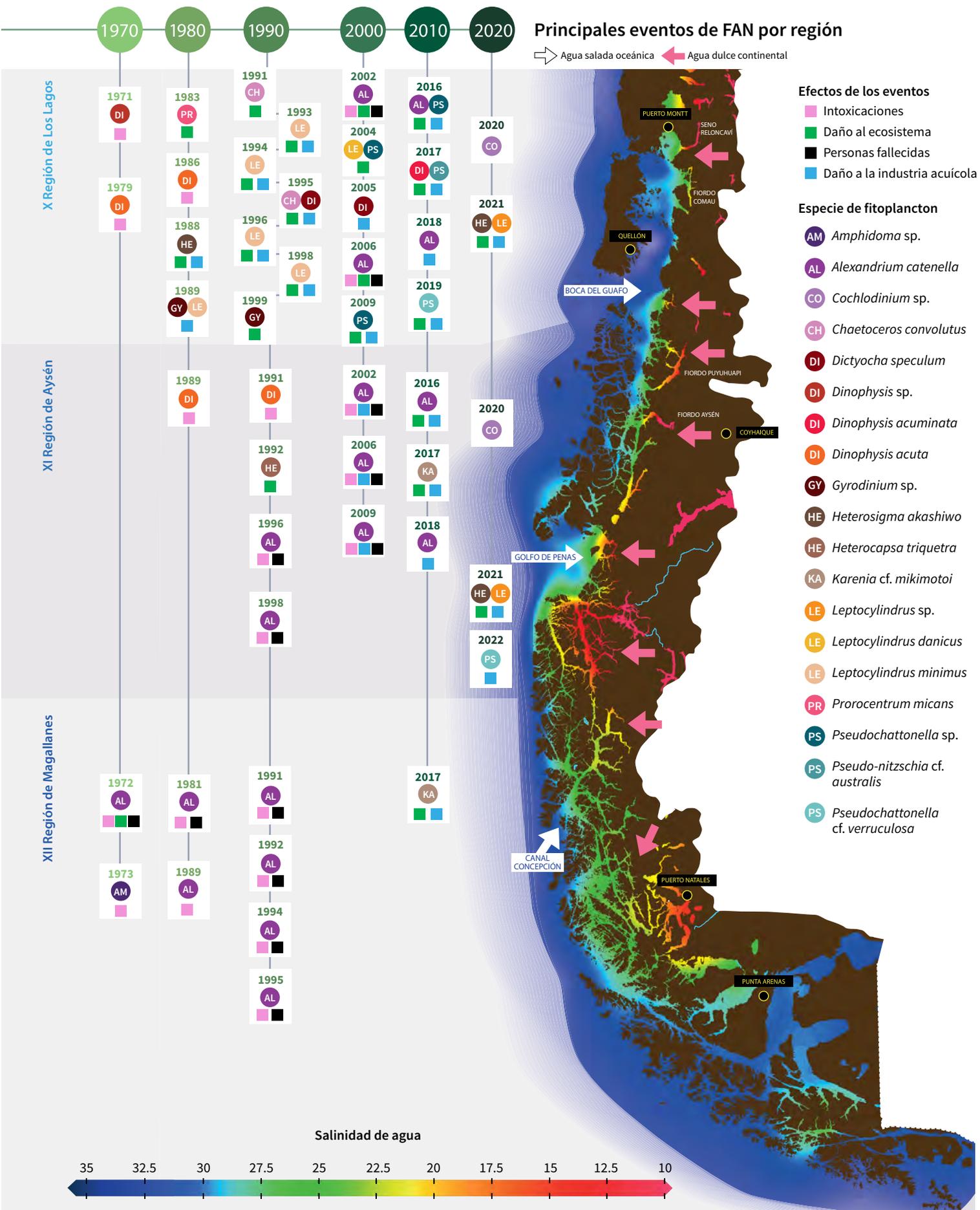


Figura 2: Principales eventos de FAN por región desde 1970 al año 2020 con las respectivas especies de fitoplancton responsables y sus impactos a nivel socioecosistémico. La barra inferior representa si las aguas que se ven en el mapa son de mayor salinidad (azul) o menor salinidad (rojo). Fuente: Elaboración propia.



## Capítulo 2

# Impactos multidimensionales de las FAN

# Impactos multidimensionales de las FAN

*Gracias al constante trabajo de prevención y educación desarrollado por instituciones y servicios públicos, en Chile la cantidad de personas que anualmente se ven afectadas por intoxicaciones asociadas al consumo de mariscos contaminados por FAN es relativamente baja. Aun así, las FAN siguen siendo un fenómeno que cobra*

*víctimas fatales y que presiona constantemente al sistema de salud. Además, los alcances de las FAN pueden ir mucho más allá de lo sanitario, pudiendo afectar significativamente la vida de las comunidades costeras. Los impactos económicos, sociales y psicológicos que se han observado en diversos episodios críticos de FAN en la última década, evidencian la importancia de entender estos fenómenos desde una perspectiva inter y transdisciplinaria.*

Las FAN han sido históricamente reconocidas por los impactos que tienen para la salud humana, principalmente por las intoxicaciones que se producen por el consumo de mariscos contaminados durante estos eventos (ver BOX 1).

Si bien en nuestro país las estadísticas muestran una baja tasa de mortalidad asociada a este fenómeno, crisis como la generada por las FAN en el verano de 2016 (ver BOX 2 y BOX 3) nos han mostrado que estas pueden provocar impactos que van mucho más allá de la salud humana, pudiendo afectar múltiples aspectos de la vida de las comunidades costeras. Por ejemplo, dependiendo de la magnitud del evento FAN y de las respuestas que se implementen, se pueden desencadenar severas pérdidas económicas, especialmente en actividades como la pesca artesanal, la recolección de orilla, la pesca industrial, la acuicultura, el turismo y todos los ámbitos que, de una manera u otra, dependen del mar (Mascareño et al., 2018; Araos et al., 2019; Díaz et al., 2019). Así, el trabajo de prevención y monitoreo sigue siendo indispensable, tanto para seguir reduciendo el riesgo de intoxicaciones y evitar las muertes que aún ocurren por este motivo, como para enfrentar de mejor manera los múltiples problemas económicos y sociales que las FAN pueden generar.

## BOX 1

### Impactos de las FAN en la salud

Algunas especies de microalgas tienen la capacidad de sintetizar potentes toxinas. En nuestro país se han detectado una variedad de ellas, de las cuales las más conocidas son: las toxinas paralizante, diarreaica y amnésica.

La **toxina paralizante** actúa a nivel celular, con síntomas iniciales de adormecimiento de boca, cuello, labios y extremidades (brazos y piernas); en intoxicaciones intermedias ocurre una sensación de liviandad y, en casos graves, produce parálisis respiratoria, ocasionando la muerte. Se conocen 37 casos fatales y cientos de intoxicados desde su primera detección en 1972.

La **toxina diarreaica** causa trastornos gastrointestinales agudos, como náuseas, vómitos, diarrea y dolores abdominales, pero no ocasiona la muerte.

Finalmente, la **toxina amnésica** produce síntomas gastrointestinales, y si la concentración es mayor, se suma un efecto neurológico poco usual, como la pérdida de memoria a corto plazo. En nuestro país no se conocen intoxicaciones en humanos asociadas a esta última.

Es muy importante saber que **las toxinas marinas no se eliminan con la cocción**, ni al agregarles limón o vinagre, y los mariscos no cambiarán de color, olor y sabor. Hasta el día de hoy, no existen antídotos para ninguna de las toxinas mencionadas.

BOX  
2

## Impactos en Quellón

El Estudio desarrollado en Quellón abordó la percepción de los impactos de las FAN que tienen las personas que habitan especialmente las zonas costeras de esta comuna.

Los eventos que han afectado en los últimos años a esta zona, especialmente el ocurrido el año 2016, permiten ilustrar la complejidad y el encadenamiento de impactos que pueden generar estos fenómenos. La necesaria prohibición de extraer y consumir recursos marinos para evitar intoxicaciones repercute de manera sistémica en esta localidad, paralizando las industrias y afectando trabajos e ingresos económicos de muchas familias que se dedican a la pesca artesanal, la recolección de orilla y todo tipo de actividades asociadas al mar:

“Pero evidentemente el tema de marea roja trae un problema económico grande grande grande, y no solamente en la individualidad del pescador, qué sé yo, sino también porque hay otras, hay pequeñas empresas que funcionan donde hay mucha gente que trabaja, entonces también se quedan sin pega”

[Entrevista integrante de la Sociedad Civil].

Lo anterior puede derivar incluso en cambios en las condiciones o medios de vida, costumbres y prácticas en las comunidades costeras:

“El hecho de dejar de ir a mariscar, que es una actividad tan propia del territorio... el curanto, o sea, muchas veces no se hace curanto porque hay marea roja. Entonces no se puede”

[Entrevista integrante del sector Estatal].

Así, los impactos se extienden más allá del riesgo de intoxicaciones, pudiendo aparecer también afectaciones en la salud mental asociadas a la inseguridad o temor frente a la ingesta de alimentos contaminados, o al desgaste psicosocial y la incertidumbre que implica el cambio de prácticas y costumbres durante un episodio de FAN cuya extensión no es posible de predecir:

“Creo que en casi toda la isla casi ha sido así, que impactó, porque te da inseguridad porque tú... puedes que haya una baja toxina, pero tú no sabes si mañana amaneció un calor y subió la toxina”

[Entrevista integrante del sector Privado].

De este modo, lo que comienza como un problema sanitario puede terminar como una profunda crisis con impactos económicos, sociales, culturales y psicológicos que requieren ser atendidos con mayor atención desde la política pública.



### BOX 3 Impactos sociales de las FAN en caletas de pescadores desde Chacao al norte: desinformación, desconfianza e incertidumbre

Hasta el 2016, el límite norte de las FAN asociadas a toxinas paralizantes era el canal de Chacao. Pero ese año el fenómeno avanzó más de 230 kilómetros hasta la Región de Los Ríos, afectando por primera vez a cerca de 15 mil pescadores y buzos que, en su mayoría, habitan en caletas pequeñas, rurales y aisladas, y se dedican principalmente al manejo y extracción de locos. En algunos casos la prohibición de su extracción y venta, por niveles de toxina sobre el límite permitido, se prolongó hasta por 18 meses. Más allá de las consecuencias económicas asociadas al cierre de la pesquería, estudios de campo en esa zona revelaron impactos sociales importantes. El inesperado fenómeno FAN evidenció la desinformación que, al respecto, existe en las comunidades costeras, así como las falencias en la comunicación y coordinación con las autoridades sanitarias y pesqueras regionales:

“No sabíamos nada. Nunca se conversó que había marea roja para acá. Sabíamos que había para el sur. Cuando yo estuve trabajando en el sur había en los canales y todo eso, pero acá no”  
(Entrevista a pescador).

Además, la mortandad y descarga al mar de salmones en descomposición por parte de la industria salmoneera y otros conflictos latentes con industrias locales alimentaron las sospechas sobre la naturaleza y las causas del evento de FAN. Proliferaron creencias en contra de la pesca artesanal y se generó un clima de desconfianza hacia el sector privado y las instituciones públicas.

Finalmente, la inesperada FAN de 2016 exacerbó la percepción de incertidumbre respecto de la sostenibilidad y viabilidad de los modos de vida de las comunidades pesquero-artesanales:

“Estamos preocupados, sobre todo por lo que va a pasar con nosotros como pescadores artesanales. Si esto de la marea roja se agrava, ¿qué va a pasar con nosotros? (...) es nuestra fuente de trabajo la que entra en juego y cualquier error o manejo inadecuado del proceso para determinar si hay marea roja o no, va a costarnos nuestros trabajos, nuestro alimento, y nuestra propia salud y la de la población”  
(Entrevista a pescador).

En este sentido, es importante reconocer y abordar anticipadamente los impactos de las FAN, sobre todo en localidades aisladas, altamente dependientes de los recursos bentónicos y donde no ha existido previamente una experiencia de FAN, pues las relaciones entre las personas, las organizaciones e instituciones pueden deteriorarse y gatillar situaciones de mayor conflictividad social. Obtener lecciones de los impactos observados es clave para aprender a convivir con las FAN de manera colaborativa.



Citas de entrevistas y talleres realizados en cinco caletas entre Chacao y Mehuín durante 2017 y 2018. Fuente: Proyecto FONDECYT 11171068 Post-disaster livelihood recovery and adaptations in natural resource-dependent communities in Chile. Andrés Marín, Universidad de Los Lagos.

Para el año 2019, el costo anual del monitoreo de fitoplancton y toxinas en Chile alcanzó alrededor de 6.400 millones de pesos (Mardones et al., 2020). Este monitoreo es el que activa el programa FAN del Ministerio de Salud (Minsal), determinando las clausuras y cierres de zonas costeras y la fiscalización de productos potencialmente contaminados. Si esto no se realizara, la cantidad de intoxicaciones aumentaría dramáticamente con costos estimados de hasta \$30 billones de pesos. De hecho, nuestro país tiene la tasa de intoxicación y muertes más alta de Latinoamérica (Sunesen et al., 2021). Cabe señalar que en el año 2018 Chile registró la mayor concentración de toxina paralizante de los mariscos (TPM), específicamente en cholgas extraídas desde la región de Aysén (Guzmán et al., 2018; Rivera Belmar & Tocornal Ríos, 2018; Díaz et al., 2019), presentando toxicidades que superan el límite permisible para el consumo humano en casi 1.800 veces. Hay que considerar que el costo de hospitalizaciones en el 2018 fue de aproximadamente \$65.000.000 para la atención de 26 casos (Minsal, 2018), y en general, se calcula que el costo social relacionado a muertes por intoxicaciones prevenibles es de \$7.300.000 por persona (Eichenbaum et al., 2020).

Si bien el conocimiento sobre los impactos de las FAN, más allá del ámbito sanitario, es aún bastante limitado, el impacto que estos eventos tienen sobre las actividades productivas del sector pesquero, y especialmente en la acuicultura, ha favorecido un mayor estudio de estos fenómenos, sobre todo teniendo en cuenta que los costos productivos asociados a FAN pueden verse incrementados con pérdidas de fuentes de ingresos correspondientes al 32,7 % de la producción del sector pesquero, con un costo estimado de casi \$700.000.000 (Eichenbaum et al., 2020).

No obstante, aún es muy poco lo que se conoce respecto a las crisis sistémicas que pueden gatillar las FAN y los múltiples impactos en áreas como la salud mental de las comunidades costeras, la [soberanía alimentaria](#) y en la cultura de estas localidades. Lo anterior, es particularmente relevante cuando estos eventos se transforman en fenómenos crónicos que impiden el desarrollo de ciertas actividades y que, incluso, fuerzan a muchas personas a buscar nuevas fuentes de ingresos o incluso nuevos lugares para vivir.



## Indicadores de impactos

Las FAN se manifiestan de manera abundante y continua, particularmente en el sur de Chile. Por ello, existe por parte de las autoridades sanitarias y de pesca y acuicultura una permanente vigilancia y protocolos de respuesta para proteger la salud de las personas y evitar intoxicaciones o muertes asociadas a la contaminación de productos del mar; esto, junto a las acciones de autocuidado de la población, ha permitido mantener los casos de morbilidad y mortalidad bastante controlados. Sin embargo, tanto las FAN como las medidas que se despliegan para enfrentarlas -como el cierre de áreas de extracción-, alteran o impiden el desarrollo normal de las actividades en el territorio, generando impactos económicos y sociales.

### La multidimensionalidad de los Impactos de las FAN

A partir de la experiencia documentada en Chile y a nivel internacional, así como de entrevistas y encuestas realizadas en la Región de Los Lagos, se han identificado ocho ámbitos que pueden verse afectados por eventos de FAN (ver Figura 1): cuatro relacionados a impactos sociales, tres económicos, y uno de salud y bienestar. Dentro de estos ocho ámbitos se reconocen veintidós subámbitos, y en estos últimos puede haber uno o más impactos, por lo que el total de impactos sociales, económicos y en salud identificados llegan a sesenta.

Si bien todos estos impactos no ocurren necesariamente en cada evento de FAN, sí es importante tenerlos presente al momento de planificar las mejores estrategias para enfrentar estos fenómenos.

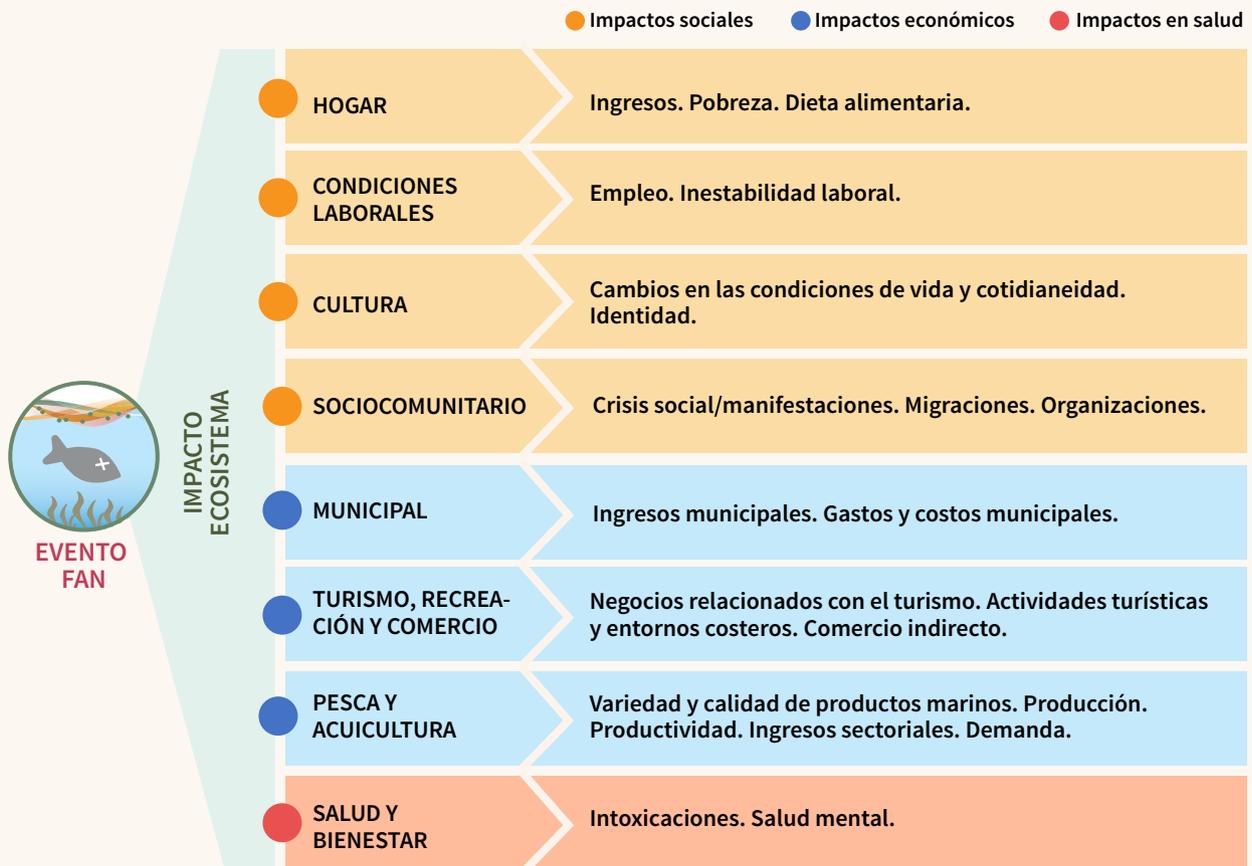


Figura 1. Ámbitos y subámbitos que pueden ser afectados por eventos FAN.  
Fuente: Elaboración propia.

Para evaluar la presencia y magnitud de estos impactos se requirió contar con indicadores a nivel comunal. Para el periodo 2013 a 2020 se detectaron once indicadores (ver Tabla 1) en tres comunas: Calbuco, Quellón y Castro, los que muestran una variación tras la FAN del año 2016 (ver Figura 2). Pese a esto, no se puede concluir que existe una relación causal con el evento, pero sí es un punto de partida para un análisis más profundo de los impactos de las FAN en cada comuna, y de los factores y prácticas que los pueden amplificar o mitigar.

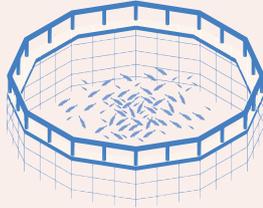


ÁMBITO	SUBÁMBITO	IMPACTO	INDICADORES
PESCA Y ACUICULTURA	Producción	Afectación de la producción	Acuicultura peces: Desembarque de acuicultura de peces en toneladas
			Acuicultura moluscos: Desembarque de acuicultura de moluscos en toneladas
			Artisanal moluscos: Desembarque de pesca artesanal de moluscos en toneladas
GESTIÓN MUNICIPAL	Ingresos municipales	Cambio en ingresos municipales	Patentes acuícolas: Ingreso municipal por pago de patentes acuícolas
TURISMO, RECREACIÓN Y COMERCIO	Negocios relacionados con el turismo	Disminución de ventas de las actividades características del turismo (ACT)	Ventas ACT: Ventas netas sobre la actividad característica del turismo: "Transporte de pasajeros por carretera"
			Visitantes a Parques: Número de visitantes a parques recreativos
HOGARES	Ingresos	Afectación de la economía del hogar, disminuyendo el ingreso familiar	Ingresos: Ingreso del trabajo promedio de los hogares
	Pobreza	Cambio en los niveles de pobreza	Subsidios: Subsidio monetario promedio de los hogares
CONDICIONES LABORALES	Empleo	Aumento de cesantía o desempleo	Pobreza: % de personas en situación de pobreza
			Desocupados: % de desocupados
			Personas buscando empleo: Personas inscritas en municipalidad en busca de empleo

Tabla 1: Indicadores económicos para medir impactos FAN.  
Fuente: Elaboración propia.

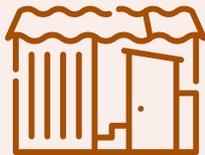
## Impactos negativos

Reducción importante en la producción de la **acuicultura de peces**



**-70%** Calbuco    **-22%** Castro    **-77%** Quellón

Aumento en los **niveles de pobreza**



**183%** Calbuco    **67%** Castro    **197%** Quellón

Aumento en el **porcentaje de desocupados**



**6%** Calbuco    **10%** Castro    **149%** Quellón

También se ve un aumento en el porcentaje de **subsídios a los hogares** y una disminución en los ingresos municipales por el **pago de patentes acuícolas** tras el evento.

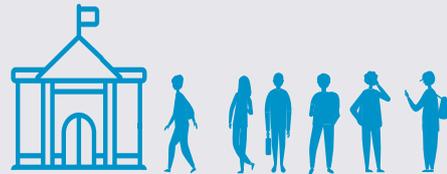
## Impactos mixtos

Variación en el porcentaje promedio de **ingreso de los hogares**



**+6%** Calbuco    **+29%** Castro    **-4%** Quellón

Variación en el porcentaje de personas **inscritas en municipios** en busca de empleo



**+412%** Calbuco    **-13%** Castro    **-12%** Quellón

Variación del porcentaje de **producción de los recolectores de orilla de moluscos**



**+70%** Calbuco    **-21%** Castro    **-16%** Quellón

## Indicadores sin mayores cambios

El **turismo** sigue su tendencia hacia el aumento, al igual que la **miticultura**.

Figura 2: Impactos negativos, mixtos y sin variación en las comunas de Calbuco, Castro y Quellón tras el evento de FAN del año 2016. Estos indicadores son un punto de partida para un análisis más profundo de los impactos de las FAN en cada comuna y de los factores y prácticas que los pueden amplificar o mitigar. Fuente: Elaboración propia.



Capítulo 3

Amenazas  
climáticas que  
favorecen a las FAN

## Amenazas climáticas que favorecen a las FAN

Como se indicó en la Introducción de este informe, el concepto de riesgo representa posibles impactos negativos para los humanos y los ecosistemas, y se compone de la interacción entre: una amenaza, la exposición

de una comunidad y su vulnerabilidad, que tiene relación con una mayor predisposición a verse afectada por la amenaza. En este contexto, el siguiente capítulo se enfocará en las variables climáticas que representan una amenaza al favorecer la presencia de FAN.

Como amenaza climática se entiende cualquier variable climática o un conjunto de ellas que pueden afectar negativamente a los sistemas humanos y naturales. En el caso de las FAN existen variables meteorológicas y oceanográficas que impactan en la abundancia y diversidad del fitoplancton, pudiendo llegar a convertirse en una amenaza para los socioecosistemas. Algunas de estas variables son la precipitación, el volumen de descarga de agua dulce al mar y la intensidad del viento (Garreaud, 2018; León-Muñoz et al., 2018; Díaz et al., 2021). En particular, la precipitación y la descarga de agua dulce provocan que el agua de mar se separe en distintas capas de densidad ([estratificación](#)), mientras que el viento genera [mezcla vertical](#) de las aguas. Tanto los cambios en la estratificación como en la mezcla pueden provocar un menor o mayor ingreso de nutrientes a la capa superficial del mar, donde habita mayoritariamente el fitoplancton, impactando en el crecimiento de este y la ocurrencia de floraciones (Paredes-Mella et al., 2020).

Al mismo tiempo, existen oscilaciones climáticas a nivel global que modifican las condiciones meteorológicas y oceanográficas, afectando la temperatura, la radiación solar, las precipitaciones y el viento de la Patagonia. Algunas de ellas son la [Oscilación de Madden-Julian \(MJO\)](#), el Modo Anular Austral (SAM), el Niño Oscilación del Sur (ENOS) y la Oscilación Decadal del Pacífico (PDO). Las condiciones asociadas a cada una de estas oscilaciones pueden amplificarse o amortiguarse entre sí debido a sus interacciones, lo que hace muy complejo atribuir y proyectar de forma precisa los cambios de las variables climáticas.

En el caso del sistema de canales y fiordos de la región de Aysén, las variaciones de la precipitación entre los años 2007 y 2020 coinciden con cambios en la abundancia de *Alexandrium catenella* (una especie conocida por causar eventos catastróficos de FAN en la zona)

y también en la concentración de saxitoxinas (toxinas que esta especie produce). Por ejemplo, en años lluviosos (2010 y 2011) hubo una disminución de *Alexandrium catenella* y de saxitoxinas, así como también de la biomasa total de fitoplancton. Por el contrario, en años secos (2014 al 2016) la abundancia relativa de *Alexandrium catenella* muestra un claro incremento (ver Figura 1). Este hecho se ha relacionado con oscilaciones climáticas como el ENOS y el SAM, pues durante El Niño (fase cálida del ENOS) o bajo la fase positiva del SAM se registran menores precipitaciones en la Patagonia norte y con ello cambios en la abundancia de *Alexandrium catenella*.

La razón por la que los años secos favorecen la presencia de esta especie no se conoce completamente, pero se especula que obedece a que la descarga de agua dulce proveniente de los ríos y la escorrentía se reduce, generando una menor estratificación. Esto hace que los [nutrientes](#) de las aguas más profundas lleguen a la superficie y favorezcan el crecimiento del fitoplancton, aumentando la probabilidad de ocurrencia de FAN. Por otra parte, una menor descarga de agua dulce provoca una disminución de la circulación estuarina y un aumento en los [tiempos de residencia](#) de las aguas, especialmente en sistemas acuáticos semicerrados como canales y fiordos (Pinilla et al., 2020), lo que puede favorecer la permanencia de nutrientes, materia orgánica y contaminantes, generando condiciones favorables para la ocurrencia de eventos de FAN. De hecho, esto se evidenció en la Patagonia norte durante el año 2016 (Figura 2), uno de los años más secos de las últimas décadas y con mayor permanencia de las aguas, lo que provocó una menor renovación de estas.

Junto con lo anterior, se evidenció que, en la escala temporal de días a algunas semanas (escala intraestacional), la presencia de un [anticiclón migratorio](#) (sistema sinóptico de alta presión atmosférica) localizado

en el extremo sur de Sudamérica también incide en la [biomasa de fitoplancton](#). De hecho, entre los veranos de los años 2003 al 2019 se identificaron 16 eventos de alta biomasa de fitoplancton en el mar interior de Chiloé influenciados por este fenómeno. Esto se debe a que dicho anticiclón propicia condiciones de alta radiación solar, aumento de la temperatura superficial del mar y una reducción en la profundidad de la [capa fótica](#), lo que favorece la [fotosíntesis](#) del fitoplancton, su crecimiento y, por ende, la probabilidad de ocurrencia de FAN. Cabe señalar que la frecuencia con que ocurre esta situación meteorológica particular depende parcialmente de la Oscilación de Madden-Julian (MJO), un fenómeno de origen tropical que puede determinar en cierto grado la circulación atmosférica intraestacional en latitudes medias del hemisferio sur.

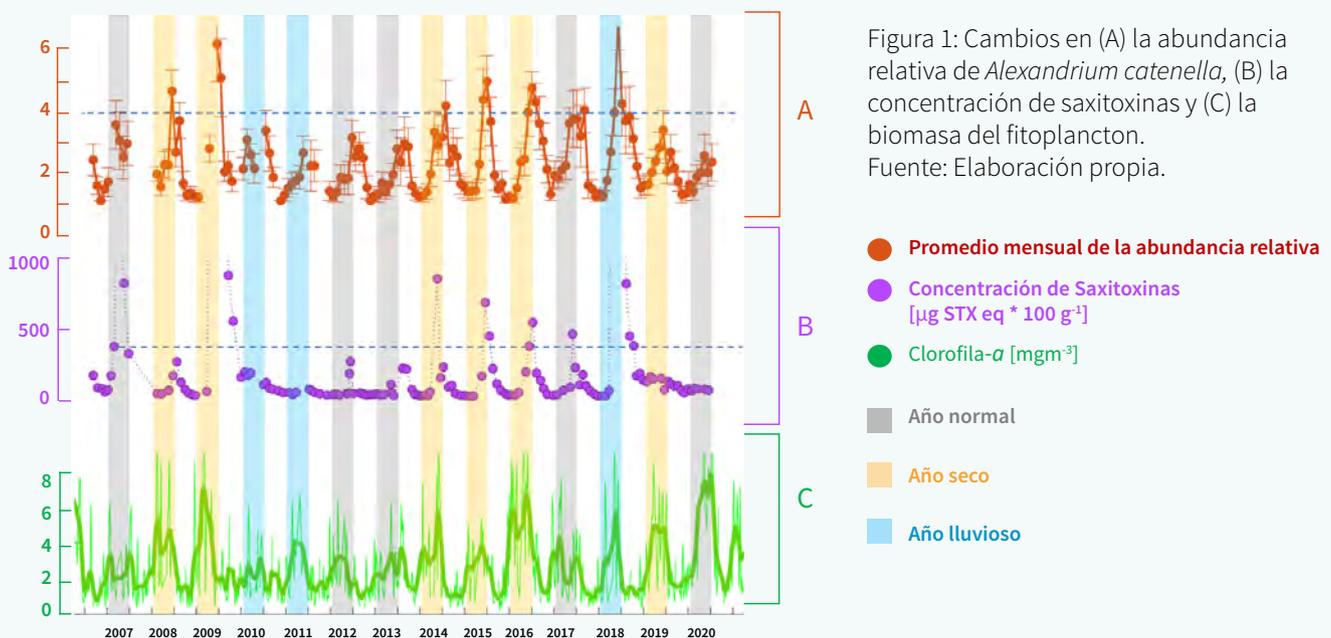
Pese a lo ya señalado, hay que aclarar que estas condiciones atmosféricas que propician las floraciones de fitoplancton pueden variar según la geografía costera y la estación del año. Por ejemplo, y al contrario de lo que sucede en el mar interior de Chiloé, datos oceanográficos *in situ* registrados en verano en el fiordo Puyuhuapi muestran que una mayor biomasa de fitoplancton es favorecida por el paso de [sistemas frontales](#) (sistemas sinópticos de baja presión atmosférica), ya que los intensos vientos asociados provocan una fuerte mezcla vertical de la columna de agua, debilitando la estratificación y ocasionando una mayor disponibilidad de nutrientes cerca de la superficie, un factor necesario para el óptimo crecimiento del fitoplancton.

En síntesis, existen distintos mecanismos atmosféricos y oceanográficos que generan una combinación óptima para favorecer la presencia y abundancia de fitoplancton y, eventualmente, la potencial ocurrencia de FAN. Por esta razón, para levantar evidencia sobre amenazas climáticas que actualmente afectan y afectarán al crecimiento del fitoplancton que produce FAN se deben analizar las distintas variables locales y remotas mencionadas, así como la combinación de estas, especialmente en un contexto de cambio climático.

## ¿Qué ha cambiado y qué nos depara el futuro? Tendencias y proyecciones del clima en Patagonia

Las variables atmosféricas y oceanográficas han experimentado cambios en las últimas décadas y se proyecta que estos continúen debido al cambio climático (Boisier et al., 2018; Garreaud, 2018; León-Muñoz et al., 2018; Aguirre et al., 2019; Díaz et al., 2021). En este contexto, las tendencias entre los años 2000 y 2020, particularmente de la temporada de verano, indican que en las regiones de Los Lagos y de Aysén han aumentado los **días despejados**, con un incremento aproximado de seis días en total en estas dos últimas décadas (aprox. 3 días por década).

Serie de tiempo de variables entre años 2007 y 2020



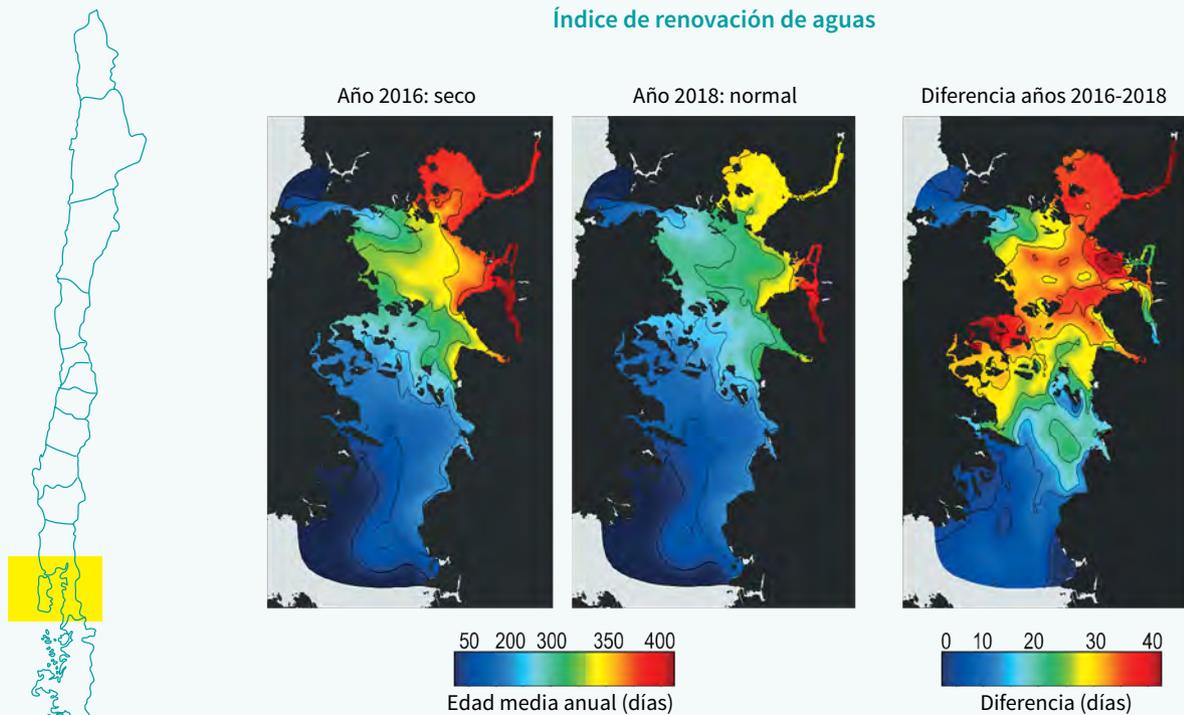


Figura 2. Índice de renovación de aguas medida como tiempo de residencia para un año seco (2016), un año levemente sobre lo normal (2018) y las diferencias entre estos años. Fuente: Elías Pinilla, Instituto de Fomento Pesquero.

Los modelos y proyecciones climáticas globales indican que esta tendencia seguirá para fines de siglo y, por lo tanto, se espera que aumente la radiación solar (ver Figura 3), un factor que podría favorecer el desarrollo de las FAN.

En tanto, en las últimas décadas, la **temperatura superficial del mar**, una variable clave para la ocurrencia de FAN, muestra un aumento sostenido cercano a los 0,5 °C por década en las regiones de Los Lagos y Aysén. Sin embargo, la tendencia es opuesta para la región de Magallanes, con una disminución de -0,1 °C por década. Como es de esperar, las proyecciones para fines de siglo muestran que el aumento continuará para toda la Patagonia chilena, con un incremento de 3 °C con respecto al clima actual, lo que también se verá, incluso, en Magallanes (ver Figura 4).

Respecto a las **precipitaciones** que ocurren durante la estación de verano, en los últimos 20 años (2000 - 2020) se ha observado una tendencia a la disminución en la Patagonia norte y centro, proyectándose una disminución robusta en las regiones de Los Lagos y Aysén (-20 %) para el 2100, lo que favorecería las FAN de especies como *Alexandrium catenella*. Por el contrario, en la región de Magallanes se proyecta un leve aumento en la cantidad de lluvias (5 %) hacia fines de siglo (ver Figura 5).

En relación al **viento**, se proyecta un aumento que favorecería a la surgencia costera frente a la Patagonia norte, patrón que continuaría para fines de siglo (2100). Por otro lado, las observaciones indican una tendencia de desplazamiento hacia el sur del [cinturón de vientos del oeste](#) en las últimas décadas (2000-2020), lo que se tra-

duce en una disminución del viento de dirección Oeste a Este hasta aproximadamente la latitud 53°S, con un aumento de su intensidad en zonas más polares. Estas tendencias son consistentes con los patrones proyectados bajo un escenario de cambio climático, los cuales muestran que para finales de siglo se espera una disminución robusta del viento oeste en las regiones de Los Lagos y Aysén, y un aumento robusto en Magallanes (ver Figura 6).

Los cambios observados en las últimas décadas (2000-2020), así como también los cambios proyectados para fines de siglo (2100), modifican las condiciones ambientales de los ecosistemas de canales y fiordos de la Patagonia chilena, siendo estos más favorables para el desarrollo de algunos tipos de FAN.

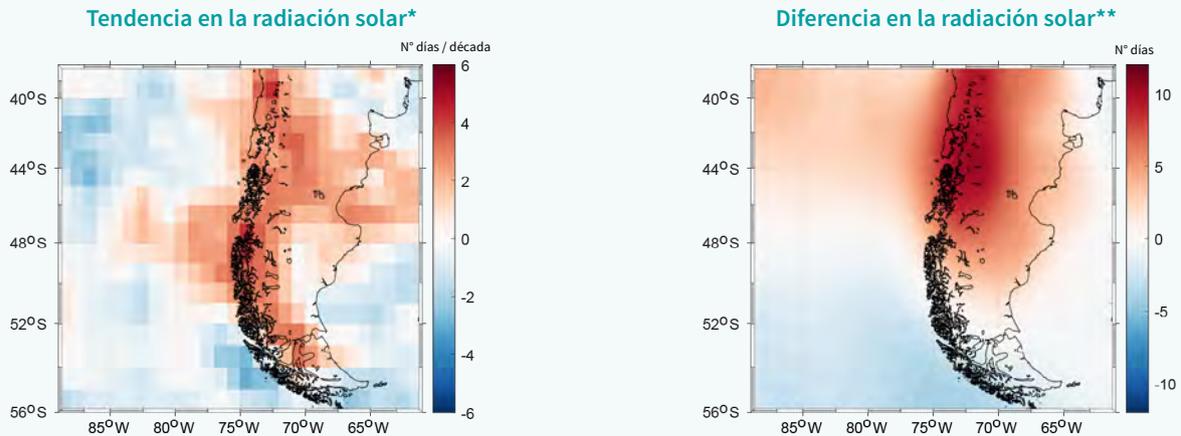


Figura 3. Tendencias recientes (izquierda) y cambios esperados (derecha) en la radiación solar hacia fines del siglo XXI (2100) en el Cono Sur de Sudamérica. Fuente: Elaboración propia.

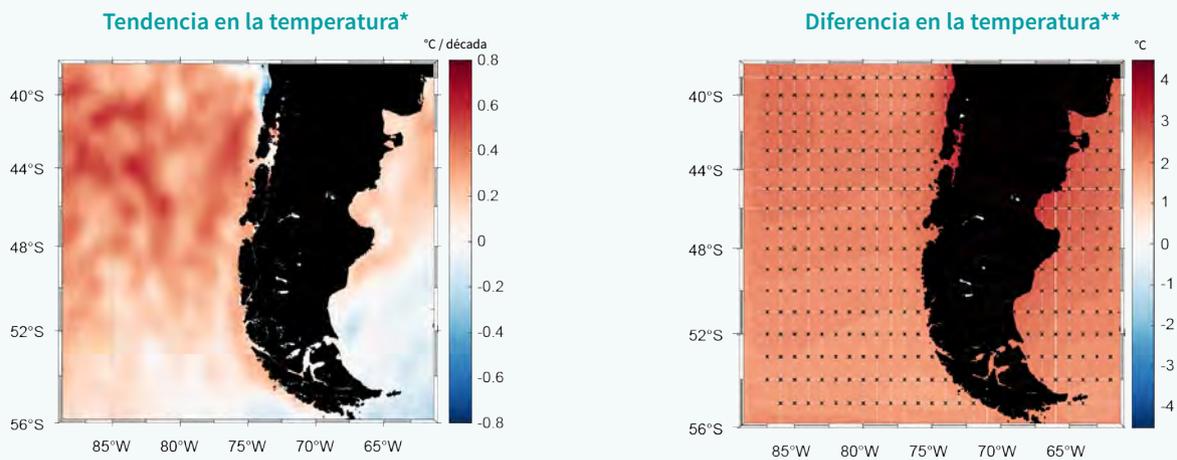


Figura 4. Tendencias recientes (izquierda) y cambios esperados (derecha) en la temperatura hacia fines del siglo XXI (2100) en el Cono Sur de Sudamérica. Fuente: Elaboración propia.

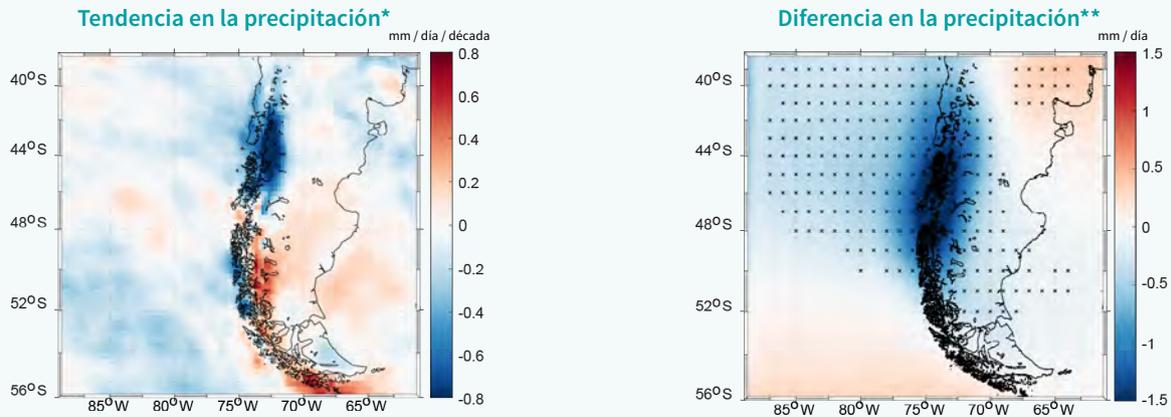


Figura 5. Tendencias recientes (izquierda) y cambios esperados (derecha) en la precipitación hacia fines del siglo XXI (2100) en el Cono Sur de Sudamérica. Fuente: Elaboración propia.

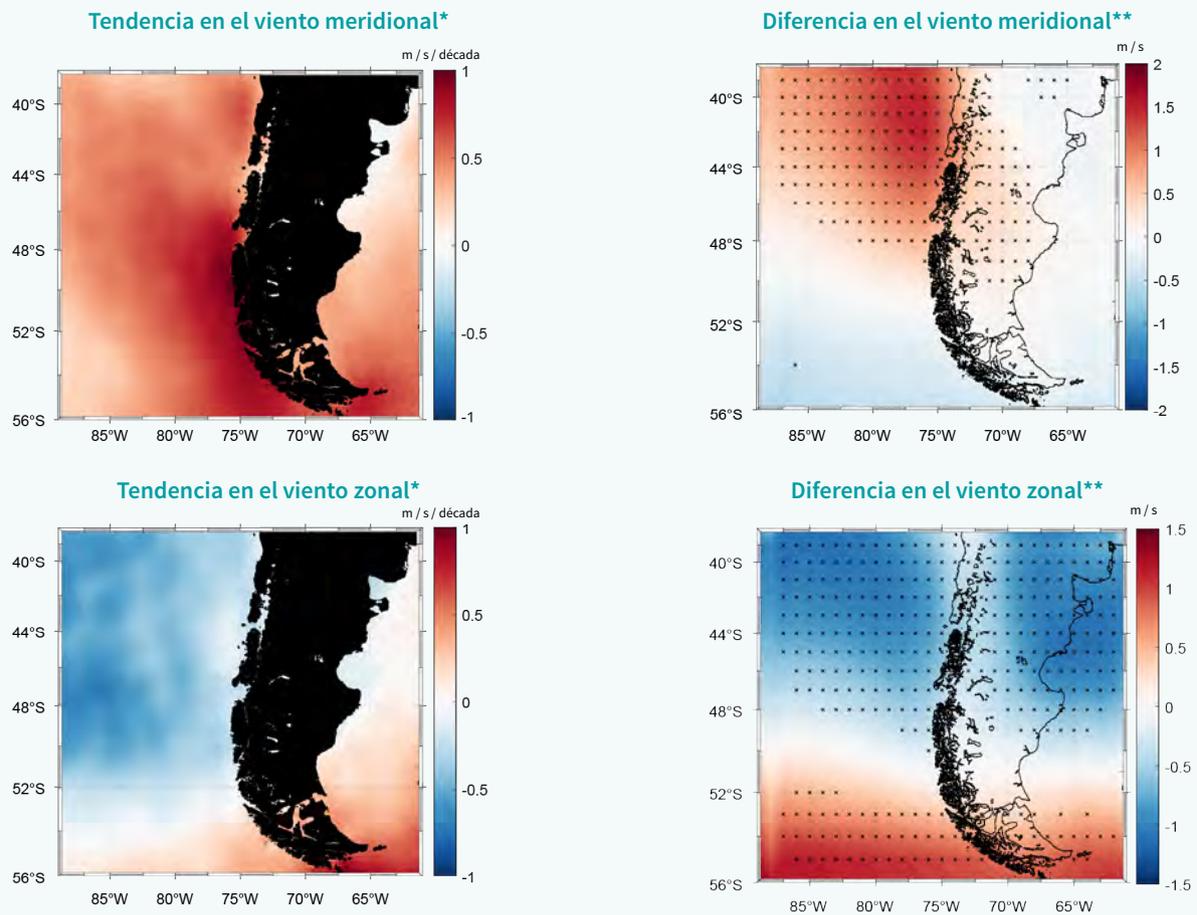


Figura 6. Tendencias recientes (izquierda) y cambios esperados (derecha) en el viento superficial hacia fines del siglo XXI (2100) en el Cono Sur de Sudamérica. Fuente: Elaboración propia.

\* Izquierda: Tendencias recientes de la temporada de verano, calculadas para el periodo 2000-2020. Fuente: Clouds and Earth's Radiant Energy Systems (CERES) Energy Balanced and Filled (EBAF), para radiación; reanálisis ERA5, para precipitación; Optimum Interpolation Sea Surface Temperature (OISST), para temperatura superficial del mar; y Cross-Calibrated Multi-Platform (CCMP) wind vector analysis, para el viento.

\*\*Derecha: Diferencias calculadas como el registro de las proyecciones climáticas considerando el escenario RCP 8.5 para fines de siglo (2070-2100) y las correspondientes al periodo histórico (1970-2000) considerando 25 modelos del Proyecto de Intercomparación de Modelos Acoplados (CMIP5). Se destacan las zonas donde se observa un cambio robusto, es decir, donde más del 80 % de los modelos muestran la misma tendencia de cambio.

## Capítulo 4

# Exposición y vulnerabilidad ante FAN



## Exposición y vulnerabilidad ante FAN

*El capítulo anterior se focalizó en el componente del riesgo de amenazas climáticas que potencialmente podrían provocar un aumento en la probabilidad de ocurrencia de FAN.*

*El presente capítulo aborda los otros dos componentes de riesgo: la exposición y la vulnerabilidad ante las FAN.*

### Exposición a FAN ¿qué está en peligro de perderse en la Patagonia chilena?

La exposición se refiere a aquellos elementos potencialmente susceptibles de ser afectados por una determinada amenaza climática, en este caso aquellas amenazas climáticas que pueden favorecer el aumento de FAN. Tales elementos incluyen la vida humana (salud y bienestar), los medios de subsistencia, los ecosistemas y las especies, los bienes económicos, sociales y culturales, y los servicios y la infraestructura, entre otros (IPCC, 2022). Cuantos más elementos existan en un determinado territorio que potencialmente pueden ser afectados o impactados negativamente por las FAN, mayor es la exposición a FAN y, por lo tanto, el riesgo.

Cabe destacar que los impactos actuales y potenciales de las FAN se distribuyen de manera desigual al comparar diferentes zonas geográficas (ver detalles en capítulos 2 y 7). En el caso de las regiones de Los Lagos, Aysén y Magallanes existen importantes diferencias en el tipo y cantidad de sistemas naturales (ecosistemas costeros) que estarían expuestos a las FAN. Por ejemplo, si nos enfocamos en el número y superficie de [Áreas Marinas Protegidas](#) (AMP), la región de Los Lagos destaca por poseer el mayor número de estas (4), en comparación con Aysén (2) y Magallanes (3); sin embargo, la superficie varía, pues la región de Magallanes posee 145.000 km<sup>2</sup> de áreas protegidas, en comparación con Los Lagos y Aysén, que cuentan con 63.000 y 7.000 km<sup>2</sup>, respectivamente. Junto con esto, existe un gran número de especies susceptibles a las FAN. La región de Magallanes cuenta con cerca de 2.000 especies descritas que ocupan sus territorios costero-marinos, mientras que Los Lagos cuenta con 593 y Aysén, con 458.

En relación a la exposición de los sistemas socioecológicos ante una FAN, también se aprecian importantes diferencias al comparar las tres regiones (ver Figura 1). Por ejemplo, la región de Los Lagos destaca como la región de la Patagonia con niveles de exposición más altos a las FAN debido a la elevada dependencia que tiene de actividades relacionadas con el mar, específicamente pesca y acuicultura. Al día de hoy, la pesca y la acuicultura otorgan a esta región una importante cantidad de empleo directo e indirecto, así como mano de obra permanente y temporal. La región posee un alto número de pescadores(as) artesanales, de centros inscritos en el Registro Nacional de Acuicultura y un alto volumen de desembarque total de algas y moluscos. Esta dependencia al sector pesca y acuicultura está relacionada con la gran cantidad y variedad de especies de interés para el rubro acuícola (pelillo, salmón del atlántico, salmón coho, trucha arcoiris, cholga, chorito y ostra chilena), la pesca artesanal (huiró, cochayuyo, luga cuchara, luga negra, luga roja, anchoveta, merluza austral, reineta, almeja, cholga, chorito, juliana, loco, culengue, huego, centolla y erizo) y la pesca industrial (bacalao de profundidad).

Administrativamente, la región de Los Lagos también presenta una elevada cantidad y superficie de [Áreas de Manejo y Explotación de Recursos Bentónicos](#) (AMERB) y [Espacios Costeros Marinos de los Pueblos Originarios](#) (ECMPO), lo que refleja la intensiva extracción de recursos, y da cuenta de la importancia y dependencia que tiene esta región de las actividades que se desarrollan en torno al mar y sus costas.

## Empleo y Recursos Económicos

 **Empleos permanentes** (sectores pesca, acuicultura y procesadoras)  
Fuente: SERNAPESCA Chile - Año 2020

 **Empleos eventuales** (sectores pesca, acuicultura y procesadoras)  
Fuente: SERNAPESCA Chile - Año 2020

 **Porcentaje PIB regional del sector pesca**  
Fuente: Banco Central Chile - Año 2019

 **Porcentaje PIB regional del sector comercio, restaurantes y hoteles**  
Fuente: Banco Central Chile - Año 2019

## Biodiversidad y Áreas Protegidas

 **Áreas Marinas Protegidas**  
Fuente: Subsecretaría de Pesca (SUBPESCA Chile)

 **Diversidad de especies**  
Ocean Biodiversity Information System (OBIS)  
SERNAPESCA, Chile

## Pesca y Acuicultura

 **Toneladas de peces cosechados**  
Fuente: SERNAPESCA Chile - Año 2020

 **Toneladas de moluscos cosechados**  
Fuente: SERNAPESCA Chile - Año 2020

 **Desembarque de algas**  
Fuente: SERNAPESCA Chile - Año 2020

 **Desembarque de peces**  
Fuente: SERNAPESCA Chile - Año 2020

 **Desembarque de moluscos**  
Fuente: SERNAPESCA Chile - Año 2020

 **Desembarque de crustáceos**  
Fuente: SERNAPESCA Chile - Año 2020

 **Plantas pesqueras existentes al año 2020**  
Fuente: SERNAPESCA Chile

 **Centros inscritos en el Registro Nacional de Acuicultura entre 2015 y 2020**  
Fuente: SERNAPESCA Chile

 **Áreas de Manejo y Explotación de Recursos Bentónicos (AMERBs)**  
Fuente: SUBPESCA Chile

 **Áreas Aptas para la Acuicultura (AAAs)**  
Fuente: SUBPESCA Chile

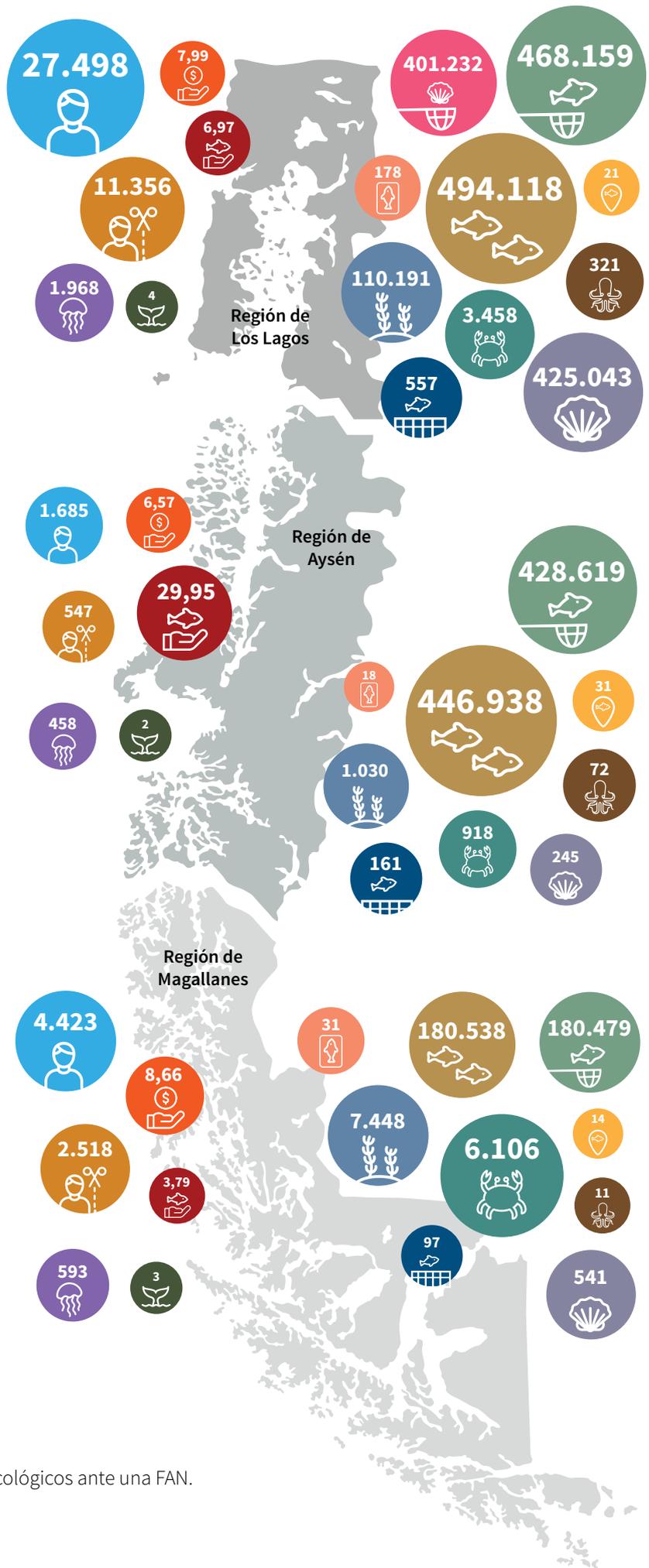


Figura 1. Exposición de los sistemas socioecológicos ante una FAN.  
Fuente: Elaboración propia.

En términos económicos, el sector pesca y acuicultura tiene un alto impacto en el Producto Interno Bruto (PIB) de las regiones de Los Lagos y de Aysén, mostrando un crecimiento sostenido en los últimos cinco años, y con valores que rondaron los 335 y 269 MM\$ el año 2019. Es aquí donde la región de Aysén, en comparación con las otras regiones, destaca por su alta exposición económica a eventos climáticos que podrían generar eventos de FAN. De hecho, según datos del Sistema Nacional de Información Municipal (Sinim), el sector pesca aporta casi un 30 % del PIB regional en Aysén, en comparación con casi un 7 y un 4 % para las regiones de Los Lagos y Magallanes, respectivamente. Además, existen importantes desembarques de mariscos que son extraídos en Aysén, pero son declarados en la región de Los Lagos.

El turismo es otro sector importante que está expuesto a sufrir impactos negativos por el potencial aumento de las FAN debido a cambios en las condiciones climáticas. La región de Los Lagos, seguida por la de Magallanes, destacan por el gran número de empresas relacionadas con el sector servicios (hoteles y restaurantes), así como por el número de trabajadores, ventas anuales, empresas relacionadas con actividades culturales, número de turistas, pasajeros transportados por agua y visitantes de Áreas Silvestres Protegidas. El aporte del sector turismo al PIB regional (comercio, hoteles, restaurantes) es bastante similar en las tres regiones, variando del 7 al 9 %.



## ¿Cuál es el nivel de vulnerabilidad de la Patagonia chilena ante las FAN?

La vulnerabilidad está definida como el grado de susceptibilidad o de incapacidad de un sistema para afrontar los impactos adversos producidos por un fenómeno o proceso. La vulnerabilidad, además, dependerá de la relación entre la [sensibilidad](#) del sistema y su [capacidad adaptativa](#), siendo la sensibilidad la predisposición a verse afectado negativamente ante la presencia de un fenómeno (IPCC, 2022), mientras que la capacidad adaptativa se refiere a la planificación y formulación de estrategias que reducen los impactos y/o la vulnerabilidad ante una determinada amenaza. Hay que agregar que las diferencias en la vulnerabilidad entre territorios, en muchos casos, son consecuencia de desigualdades multidimensionales producidas, a menudo, por los procesos de desarrollo socioeconómico de cada región.

### Zonas con mayor sensibilidad a las FAN en la Patagonia chilena

La presencia de determinadas especies de fitoplancton (endémicas o exóticas) que ocasionan eventos de FAN en un cuerpo de agua se podría considerar como un factor de sensibilidad. Considerando esto, existe evidencia de que entre los años 2006 y 2020 determinadas áreas a lo largo de la Patagonia chilena mostraron mayor sensibilidad o predisposición a presentar eventos de FAN del fitoplancton como *Alexandrium catenella*, *Dinophysis acuta* y *Pseudo-nitzschia australis*. Las dos primeras se concentran principalmente en la zona norte-centro de la región de Aysén, mientras que *Pseudo-nitzschia australis* se detectó desde la región de Los Lagos hasta Magallanes, zona donde también hay una alta presencia de *Alexandrium catenella*.

Cabe aclarar que, aunque *Pseudo-nitzschia australis* y *Alexandrium catenella* se encuentran al norte de la región de Magallanes, ambas mostraron una disminución progresiva hacia el sur, donde *Dinophysis acuta* está prácticamente ausente. A escala subregional, los datos muestran que *Pseudo-nitzschia australis* y *Alexandrium catenella* se localizan preferentemente en la zona de canales e islas abiertas a la circulación, mientras que *Dinophysis acuta* se localiza en fiordos más semicerrados, como el canal Jacaf y el fiordo Puyuhuapi, que están bajo la influencia directa de descarga de agua dulce (ver Figura 2).

Además, existen otros procesos y factores, tanto naturales como antropogénicos, que pueden aumentar la sensibilidad de un ecosistema, como por ejemplo la incorporación de contaminantes (fertilizantes, antibióticos, fungicidas, etc.), materia orgánica o nutrientes (eutrofización), y la existencia de zonas pobres en oxígeno (hipoxia) (Silva & Vargas, 2014; Pérez Santos, 2017; Quiñones et al., 2019; Soto et al., 2019; Urbina et al., 2019). A estos factores se suma la mortandad masiva y escape de especies de peces exóticos y la pérdida de biodiversidad, ambos ya ocurriendo en los sistemas acuáticos de la Patagonia chilena (Gomez-Uchida et al., 2018; Haussermann et al., 2021).

Actualmente, se reconoce a la [salmonicultura](#) como una actividad antrópica que aporta materia orgánica y nutrientes a los cuerpos de agua. Estos ingresos de materia orgánica y nutrientes pueden aumentar la sensibilidad de los sistemas acuáticos de la Patagonia chilena a los impactos de los eventos de FAN. De hecho, en áreas interiores y fiordos semicerrados (Puyuhuapi y Aysén) se evidencia un aumento significativo en la concentración de nutrientes nitrogenados (nitrato) entre los años 2008-2018, comparado con el periodo 1995-2007 (ver Figura 3), lo que se podría correlacionar con el crecimiento exponencial de la industria salmonera (ver BOX 1).

Otro impacto importante, probablemente debido a la alimentación, crecimiento y engorde de salmones (ver BOX 2), ha sido el incremento en la proporción entre nutrientes nitrogenados (N) y fosfatados (P). Dicha proporción de la concentración de nutrientes de N (nitrato, nitrito y amonio) respecto al P (fosfato), conocida como [razón N:P o razón Redfield](#), que en el medio marino es cercana a 15, es un indicador de la proporción de nutrientes requeridos para el crecimiento óptimo del fitoplancton. Una razón mayor a la esperada (15) indica que existe un exceso de N, lo que potencialmente podría favorecer ciertas floraciones de fitoplancton.

Los datos y observaciones muestran un **aumento** en la razón N:P (superior a 15) en canales y fiordos patagónicos, siendo este aumento más pronunciado en áreas intervenidas por la salmonicultura. Finalmente, al momento de analizar la carga de nutrientes en estos sistemas acuáticos y su relación con el crecimiento de determinadas especies del fitoplancton, también es necesario considerar la [razón de nutrientes N:Si](#); ya que la disminución en la concentración de silicato (Si), debido a la menor descarga de agua dulce y escorrentía, afecta al crecimiento de las diatomeas.

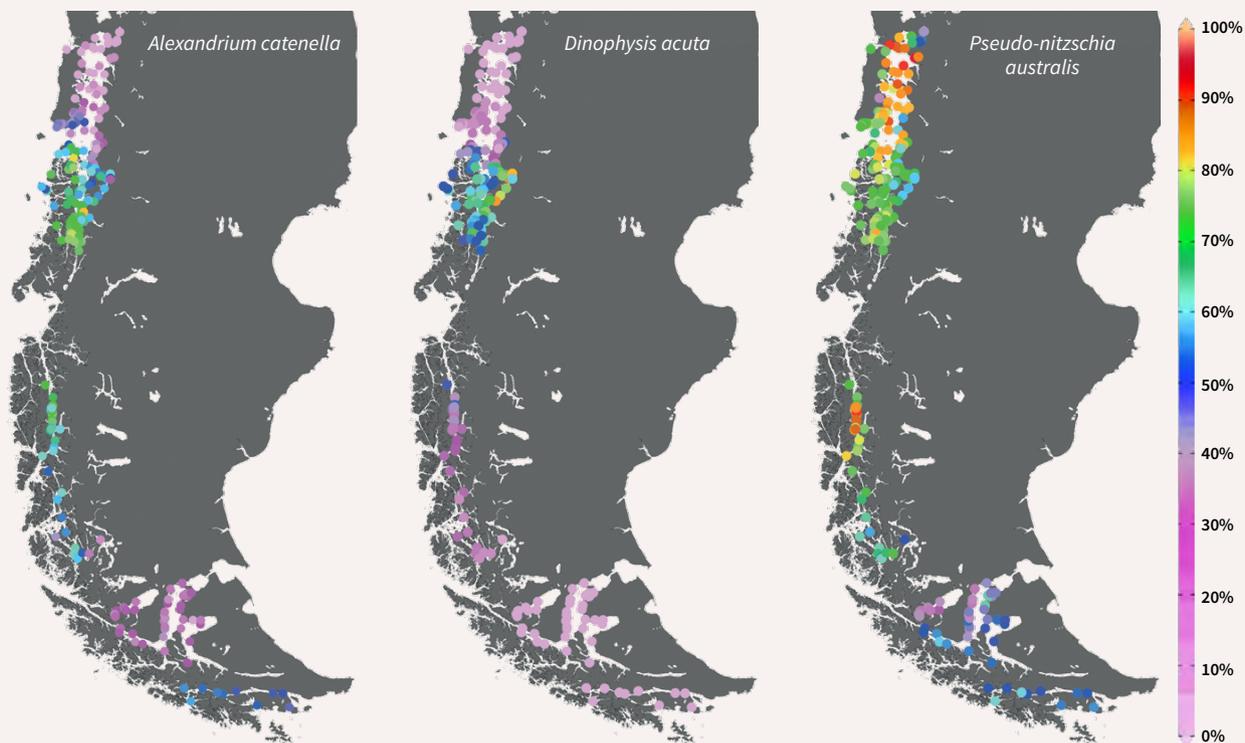


Figura 2. Mapas de presencia de especies del fitoplancton causantes de FAN (expresada en %): a) *Alexandrium catenella*, b) *Dinophysis acuta*, y c) *Pseudo-nitzschia australis*, a lo largo de la Patagonia chilena. La barra lateral derecha indica en colores los rangos de presencia: naranja-rojo presencia muy alta (mayor a 80 %), verdes presencia alta (entre 80 y 60 %), azules presencia media (entre 60 y 45 %) y lilas presencia baja (menos de 30 %). Fuente: Elaboración propia.

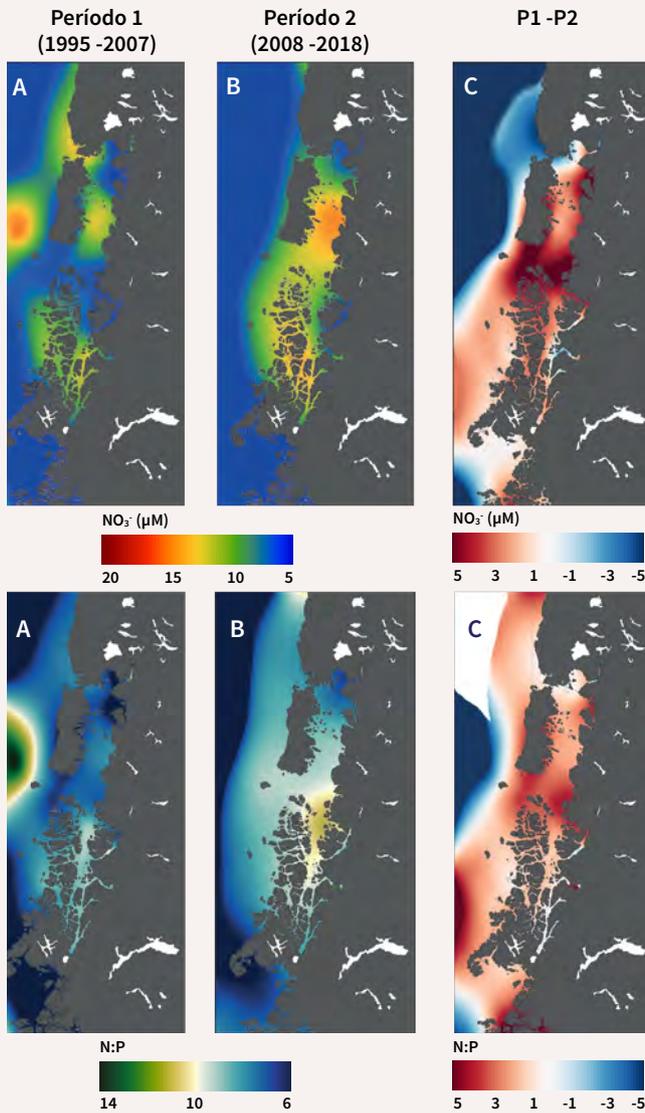
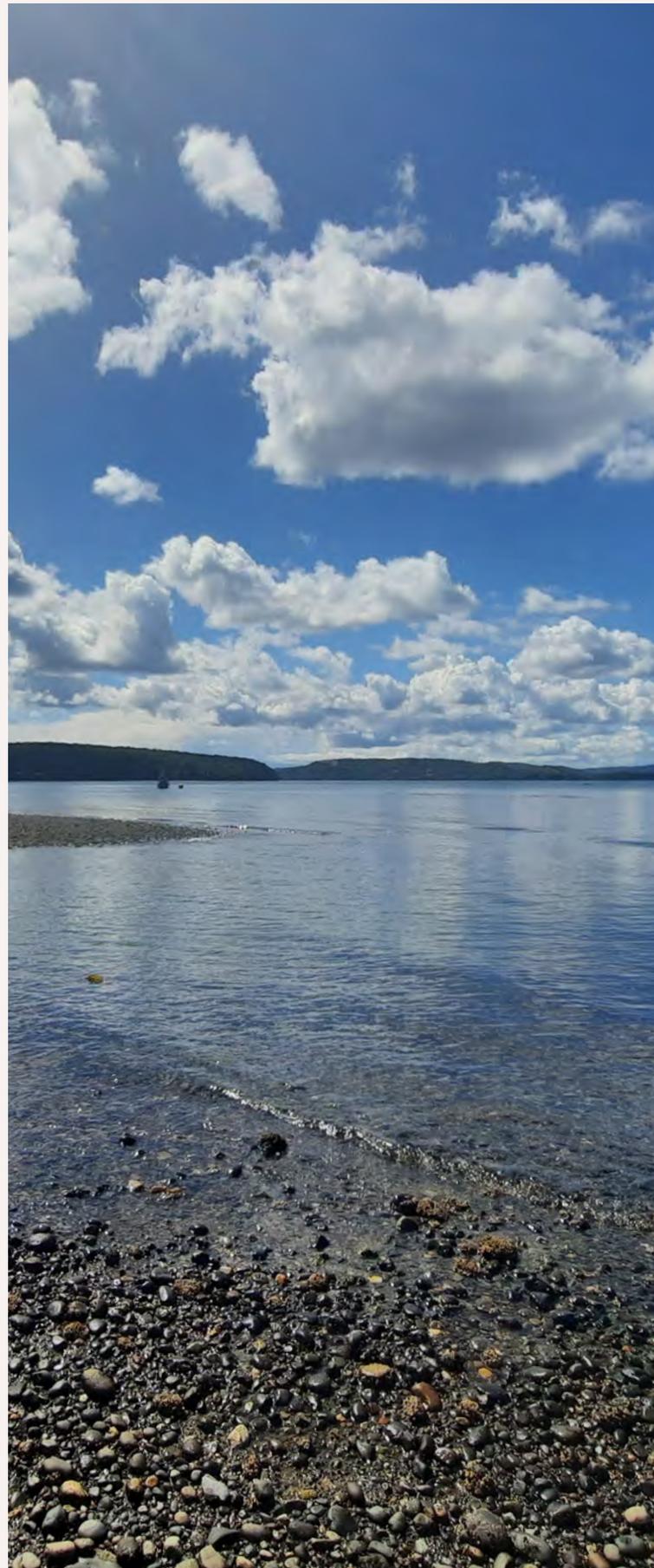


Figura 3. Distribución de la concentración de nitratos ( $\text{NO}_3^-$ ) y razón N:P en aguas superficiales (0-10 m) de la Patagonia norte basado en un promedio del periodo 1995-2007 (columna A) respecto al periodo 2008-2018 (columna B). Las diferencias en las concentraciones de ambos periodos (columna C) indican un aumento (valor positivo en rojo) o disminución (valor negativo en azul). El dominio de los tonos rojos, en particular en algunos fiordos cerrados, muestra un aumento de la razón N:P, es decir un exceso de N respecto de P.

Fuente: Elaboración propia.



## BOX 1 El desarrollo de la salmonicultura en la Patagonia chilena

La salmonicultura es una de las industrias más importantes y de mayor crecimiento de Chile, siendo el **salmón** el segundo producto más comercializado hacia el exterior, después del cobre, con exportaciones por más de US\$ 5.000 millones en el 2021. Sin embargo, a la hora de determinar las ubicaciones y la densidad de los centros de cultivo no ha primado un criterio ambiental o de [capacidad de carga](#) de los sistemas acuáticos, lo que ha generado que ciertas áreas tengan al día de hoy un alto grado de exposición y sensibilidad al cambio climático y otros estresores ambientales (Soto, León-Muñoz, et al., 2019).

La industria salmonera opera logísticamente a través de la solicitud de permisos de concesiones marinas y cada centro de engorde se agrupa en barrios o agrupaciones de concesiones para la salmonicultura (ACS), donde cada ACS posee sus propios planes de manejo con el objeto de mejorar el desempeño ambiental y sanitario, y ajustarse a las medidas dispuestas por la normativa vigente.

Desde el año 1983, la industria salmonera ha incrementado exponencialmente el número de centros por ACS, pero de forma heterogénea y concentrada en pequeños fiordos, como Reloncaví, Puyuhuapi y Aysén (ver Figura 4). Al 2007, casi el 85 % de la producción se concentraba en la región de Los Lagos, para luego desplazarse a la región

de Aysén y, en los últimos años, hacia la región de Magallanes. Al año 2019, la Patagonia mostraba alrededor de 1.400 concesiones otorgadas, con 135 centros concentrados en una pequeña área que engloba los tres fiordos mencionados, presentando una tasa promedio de aumento de centros de un 157 % para el periodo comprendido entre 1983 y 2018 (Subsecretaría de Pesca y Acuicultura, 2020).

Concesiones acumuladas por año

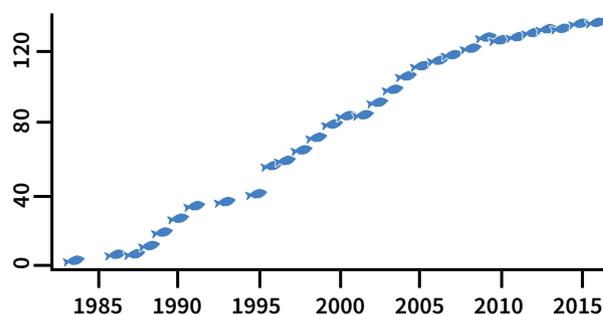


Figura 4: Tasa de aumento de concesiones por año para los fiordos de Reloncaví, Puyuhuapi y Aysén desde inicios de la salmonicultura. Datos de Subpesca 2020. Fuente: Elaboración propia.

## BOX 2 La salmonicultura como fuente adicional de nutrientes a los sistemas acuáticos

El cultivo de salmones trae consigo, principalmente, el ingreso de nitrógeno a los cuerpos de agua debido a los pellets proteicos con que alimentan a estos peces. El 40 % de estos pellets no es consumido y sedimenta en el fondo marino, mientras que el 60 % que sí es ingerido se elimina en parte al agua a través de la orina como [nitrógeno orgánico](#) disuelto y/o mucus y fecas que es [nitrógeno orgánico particulado](#).

Estas formas de nitrógeno se descomponen en compuestos orgánicos e inorgánicos (nutrientes nitrogenados como urea, amonio o nitratos), y afectan o estimulan la microbiota (Fernández et al., 2020; Molina & Fernández, 2020; Montero et al., 2021). En los estuarios de Reloncaví, Puyuhuapi y Aysén, la cantidad de nutrientes

producidos por la salmonicultura es cien veces más alta que la que se recibe naturalmente por escorrentía o descarga de los ríos que desembocan en los respectivos sistemas.

Si estos nutrientes no son asimilados por el fitoplancton y las macroalgas o intercambiados con aguas adyacentes a la misma tasa a la cual están siendo regenerados, se van acumulando en las aguas de los fiordos, pudiendo favorecer o estimular el crecimiento de determinadas microalgas, volviéndose estos sistemas más propensos a sufrir eventos de FAN. Por ello, antes de instalar un centro de salmonicultura, se debe considerar la capacidad de carga del ecosistema acuático (Soto, 2022).

## Capacidad Adaptativa e identificación de medidas de adaptación en respuesta ante vulnerabilidades.

El concepto de capacidad adaptativa relacionada con FAN hace referencia al marco legal y normativo, los sistemas de monitoreo y alerta, los recursos, las percepciones de riesgo de las personas, y las instituciones y estructuras administrativas que permiten generar procesos de adaptación efectivos para reducir la vulnerabilidad. En esta sección se abordan dos fuentes de capacidad adaptativa: el monitoreo y la percepción del riesgo. Las demás se desarrollan en el próximo capítulo, que analiza la gobernanza de las FAN como marco normativo, articulación de acciones, recursos y planeación, así como también las redes de cooperación y coordinación entre diversos actores. Todas estas capacidades deben tener una coherencia territorial en función de las características sociales y culturales de los sistemas considerados.

### Monitoreo como parte del sistema de vigilancia de las FAN

Los programas de monitoreo son actividades sistemáticas en el espacio y tiempo que permiten disponer de información sobre las tendencias naturales e inducidas por el hombre de determinadas variables, las que son utilizadas como indicadoras de cambios ambientales e impacto para la salud pública y las actividades productivas. Contar con sistemas de monitoreo o alerta ayuda a planificar y responder frente a potenciales eventos que podrían producir impactos negativos.

Actualmente, en los fiordos y canales del sur de Chile hay cuatro principales programas de monitoreo relacionados con FAN:

1. **Sistema de Monitoreo de SUBPESCA/IFOP** (Programa Marea Roja Fiordos y Programa Pacífico) (ver BOX 3)
2. **Programa de Vigilancia y Control de las Intoxicaciones por Floraciones Algas Nocivas**, del Ministerio de Salud
3. **Programa de Sanidad de Moluscos Bivalvos (PSMB)**, ejecutado por Sernapesca
4. **Programa de Monitoreo de Fitoplancton (Promofi)**, llevado a cabo por el Instituto Técnico del Salmón

Además, existe el programa Cimar-Fiordos orientado a generar conocimiento y establecer líneas base de distintas variables y procesos oceanográficos en los fiordos y canales de Chile. Todos estos programas son financiados por el Estado, a excepción de Promofi, que pertenece al sector privado (ver Figura 5). Al día de hoy, el análisis de los sistemas de monitoreo de FAN muestra una cobertura espacial y densidad adecuada para toda el área potencialmente expuesta a estos eventos. La frecuencia de muestreo varía de dos a cinco años (Cimar), y mensual/semanal (Fiordos-IFOP, Promofi) y aumenta cuando se desarrollan eventos de FAN (monitoreos reactivos o de contingencia).

No obstante, del diagnóstico se detecta que existe poca integración espaciotemporal y coordinación entre los diferentes sistemas de monitoreo y las instituciones que los realizan; por ejemplo, las estaciones de muestreo de IFOP no están en los sectores cubiertos por el PSMB, ni en los centros de engorde de salmónidos. Esta falta de integración no permite la validación de diferentes fuentes de información y tampoco fortalece la toma de decisiones al momento de levantar atribuciones ambientales a los eventos de FAN. Además, se observa que la medición de las variables ambientales fundamentales no sigue el mismo protocolo (no se miden de igual manera ni con similar precisión), así como tampoco se incluyen las mismas variables en los distintos monitoreos, como por ejemplo los nutrientes, que solo en los últimos años han sido agregados por los programas de IFOP.

A pesar de esas debilidades, se considera que la **vigilancia y seguimiento del estado sanitario y productivo relacionado a eventos de FAN en Chile es pionero en Latinoamérica**. Estos programas son efectivos a la hora de prevenir intoxicaciones masivas y, además, permiten cumplir con la certificación de exportación internacional.

BOX  
3

## Sistema de monitoreo del Instituto de Fomento Pesquero IFOP

El IFOP cuenta con el Programa de manejo y monitoreo de las FAN y toxinas marinas (Marea Roja), el cual se despliega en fiordos y en el océano Pacífico del centro-sur de Chile, registrando información ambiental y oceanográfica de las aguas, del fitoplancton y los nutrientes presentes en ellas, además de muestras de mariscos para la cuantificación de diferentes toxinas (paralizante, amnésica y lipofílicas). El programa de Marea Roja en fiordos fue creado en el año 2006 y abarca virtualmente todo el sistema de fiordos y canales desde Reloncaví hasta el canal Beagle, en el extremo sur. Actualmente, considera 228 sitios con una frecuencia de muestreo mensual, e incluye 23 sitios en el sur de Chiloé y norte de Aysén que son visitados cada diez días. En el 2018 se sumó el Programa Océano Pacífico que contempla un total de 67 estaciones de muestreo en el área geográfica comprendida entre las regiones del Biobío y Aysén.

Desde el mismo año, IFOP cuenta con la aplicación móvil i-FAN, que permite al usuario conocer a través de una escala de colores (blanco, verde, amarillo, naranja y rojo) el estado de alerta según la abundancia relativa de las principales especies de fitoplancton productoras de toxinas.

A estos esfuerzos se suma el sistema de información oceanográfica y atmosférica "Chonos", generado a través de modelación numérica en la Patagonia chilena, que apoya con información oportuna a la gestión y planificación del territorio, así como también al manejo de contingencias ambientales o sanitarias.



Descarga la app aquí:



### Monitoreos FAN

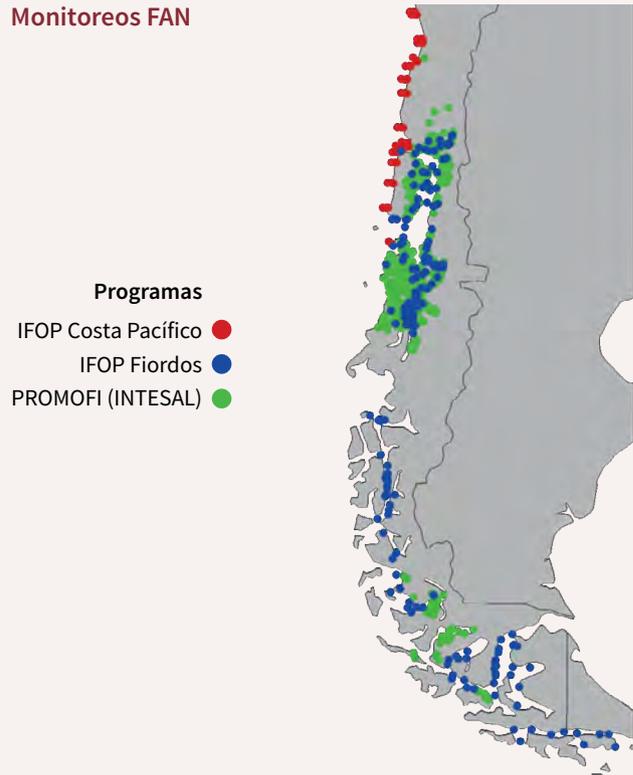


Figura 5. Mapa con la localización de estaciones de muestreo de los programas IFOP Costa Pacífico, Marea Roja en fiordos (IFOP Fiordos) y PROMOFI. Los tres programas miden variables ambientales, además de composición del fitoplancton. La mayor concentración de estaciones de monitoreo se encuentra en la Patagonia norte. Fuente: Elaboración propia.

### Percepciones de riesgo de las comunidades costeras a las FAN en la Patagonia chilena

La [percepción del riesgo](#) por parte de las distintas comunidades y actores que cohabitan las zonas costeras contribuye a la vulnerabilidad o la capacidad adaptativa de un socioecosistema. El reconocimiento del problema, así como la percepción de este, permite estar más o menos preparados para enfrentar una determinada crisis, como el caso de las FAN. La percepción de las causas del fenómeno o las maneras de enfrentarlo son decisivos al momento de planificar y, sobre todo, de implementar las estrategias más adecuadas para reducir impactos y la vulnerabilidad de los sistemas naturales y humanos.

A medida que las personas tienen mayor conciencia de un problema y perciben que sus conocimientos y habilidades son adecuados para enfrentar un determinado riesgo, las posibilidades de abordar de manera adecuada una crisis como las generadas por las FAN son mayores. En este sentido, el conocimiento sobre el problema es necesario, aunque no suficiente, para construir respuestas más efectivas e incrementar así la capacidad adaptativa de la población. De este modo, el acceso a evidencia científica sobre las causas de las FAN, y la existencia de redes de conocimiento que permitan un diálogo entre los distintos actores sociales y sobre todo con las comunidades locales, puede facilitar una mayor comprensión del problema y la implementación de estrategias con mayor impacto territorial. En este contexto, las percepciones locales de las FAN son claves para evaluar la relación entre los organismos públicos y quienes habitan las zonas costeras, así como también la llegada que han tenido las iniciativas desplegadas desde las instituciones en las comunidades locales, de manera de disminuir, en base a conocimiento y planes adecuados, la incertidumbre y preocupación que generan las FAN.

Según los resultados de la Encuesta Patagonia (ver Capítulo 7), la población de la zona austral considera que las FAN son causadas principalmente por la contaminación de las aguas, la industria salmonera y por la ausencia de lluvias. Estas percepciones varían según los territorios, en Puerto Aysén y Punta Arenas/Porvenir es más fuerte la idea de que la principal causa es la industria salmonera, mientras que para las/os habitantes de Chiloé y Llanquihue es la contaminación de las aguas la causa principal de las FAN. Dentro de los hallazgos, llama la atención que las personas que tienen media o alta dependencia con el mar prácticamente no mencionan a la industria salmonera como causante de las FAN.

Las percepciones de las personas y comunidades evidencian la coexistencia de diferentes creencias asociadas a este fenómeno que pueden incidir en la forma en que responden a los eventos de FAN o en su disposición a apoyar determinadas acciones para enfrentarlos. Por esto, es necesario profundizar en los conocimientos locales y percepciones que tienen los distintos grupos de la sociedad sobre las causas de las FAN, los que se generan a partir de la información oficial y no oficial existente sobre estos eventos (ver BOX 4).

## BOX 4

### Percepciones sobre causas de FAN en Quellón

El Estudio Quellón buscó comprender la percepción de riesgo desde la experiencia de las personas, sus creencias, opiniones e ideas vinculadas a las FAN.

Quienes desarrollan actividades vinculadas al mar, como pescadores artesanales, recolectores de orilla, y miticultores, entre otros, consideran el calentamiento de las aguas como un elemento a observar y lo vinculan a las causas de las FAN:

“La marea roja es algo que es algo mundial, no es solamente acá y es algo del mar. Es algo que va a estar sí o sí, porque ya el mundo, aunque no estuviera contaminado, igual se iba a calentar. Y habiendo un mes con diez días de calor o con quince días de calor, quince días bonitos, sabido que va a haber marea roja por cómo se comporta la floración y cómo el sol hace florecer las microalgas”

[Entrevista integrante del sector Privado].

Por otra parte, algunas/os integrantes de la sociedad civil y del mundo privado vinculan las FAN con la industria salmonera y con el trabajo que realizan los barcos que transportan peces vivos ([wellboat](#)). Sugieren que estas embarcaciones trasladan las FAN por los lugares que navegan, constituyéndose como verdaderos vectores. Más allá de si efectivamente existe una vinculación entre las FAN y las aguas de los [wellboat](#) (asunto que está en estudio), para las personas es altamente preocupante la situación y exigen mayor fiscalización para estas embarcaciones:

“Porque el temor está. Sabemos que la temperatura ha subido, que la temperatura del mar también, y que contra las salmoneras no podemos hacer nada. Los barcos van a seguir trayendo pescados desde la undécima región, con agua, porque tienen que estar vivos, entonces el riesgo de que nos vuelvan a traer marea roja o marea café o la marea que sea, va a estar siempre”

[Entrevista integrante de la Sociedad Civil].

Sobre otro tipo de factores influyentes en FAN, las personas no tienen mayor conocimiento.

## Capítulo 5

# Gobernanza de FAN en Patagonia



# Gobernanza de FAN en Patagonia

*Considerando la gobernanza como la coordinación económica y política de la vida social, las interacciones gobierno-sociedad en la toma de decisiones, la definición de valores y objetivos de convivencia, y el establecimiento de metas colectivas (Perreault, 2016; Cruz-Sánchez, 2017), se puede decir que, en la actua-*

*lidad, no contamos con un modelo integral de gobernanza de las FAN; este ha sido más bien precario y desorganizado, recayendo principalmente en el Estado y con apoyo de otros sectores, como el mundo científico y privado, mientras que la sociedad civil se ha observado mucho más ausente. Los esfuerzos existentes son incipientes, aislados y principalmente reactivos, lo que dificulta el abordaje de estos eventos.*

## Gestión de las FAN en Patagonia

En Chile, el manejo de un evento de FAN se caracteriza por una alta complejidad y fragmentación de las distintas instituciones que participan de su gestión. El Estado, privados, el sector científico y la sociedad civil cumplen sus roles, pero es el primero el principal protagonista. Así, de parte del sector estatal participa la Subsecretaría para las Fuerzas Armadas del Ministerio de Defensa Nacional, el Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura, y la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura del Ministerio de Economía, Fomento y Turismo. Sin embargo, dado que las FAN tienen serios impactos sanitarios, el Ministerio de Salud (Minsal), a través de sus Seremis y del Instituto de Salud Pública (ISP), también toma un rol protagónico. De estas instituciones emanan las principales normativas, **particulares u ocasionales**, que regulan las FAN, las que se orientan por el marco que rige el borde costero chileno (como la Política Nacional de Uso del Borde Costero y el Reglamento de Concesiones de Acuicultura, el Reglamento para el Control de la Contaminación Acuática, entre otros). Si bien este marco no ordena ámbitos directamente relacionados con las FAN, sí lo hace con aquellos que interfieren o pueden afectar a su gestión, estableciendo, por tanto, los límites y directrices normativas para el diseño de políticas, planes o programas, o en la implementación de acciones para el manejo de las FAN.

Las **normativas particulares** establecen políticas, planes, programas o acciones de carácter permanente, como lo referido a FAN en el Reglamento de Medidas de Protección, Control y Erradicación de Enfermedades

de Alto Riesgo para Especies Hidrobiológicas y el Reglamento sobre Plagas Hidrobiológicas. También aquí encontramos el Plan Nacional sobre Floraciones de Algas Nocivas (1999) y otras importantes medidas como el Programa de Monitoreo y Vigilancia de *Alexandrium catenella* (2009), el Programa de Sanidad de Moluscos Bivalvos (1990) o el Programa de Monitoreo de Marea Roja en las regiones de Los Lagos, Aysén y Magallanes (2007). Todas estas medidas han permitido mantener un sistema de información oportuno y fidedigno para la toma de decisiones en forma temprana, constituyendo un gran avance en la gestión de las FAN en la Patagonia.

Por su parte, las **normativas ocasionales** son acciones y medidas que permiten y delimitan actuaciones excepcionales de las instituciones y servicios involucrados ante la ocurrencia de un evento, como la declaración de zonas afectadas, el establecimiento de emergencia sanitaria y la prohibición de extracción de recursos marinos, entre otras. Estas medidas se establecen principalmente mediante [Decretos](#) y [Resoluciones](#). Desde 1941 a la fecha (mayo 2022), se han establecido 26 decretos asociados a FAN en la Patagonia, los que en su mayoría emanan del Minsal. Sin embargo, cuando los episodios de FAN alcanzan mayores dimensiones socioambientales, es el Ministerio del Interior y Seguridad Pública el que intercede, como ocurrió para el megaevento de 2016 en Aysén y Los Lagos. En cuanto a las Resoluciones, estas suman 326 desde 1996 a la fecha (mayo 2022), siendo la región de Los Lagos la que concentra la mayoría (296), luego Magallanes (21) y,

finalmente, la región de Aysén (9), observándose un alza en las resoluciones durante el año 2016. En el proceso de diseño e implementación de estas normativas participan también otras instituciones a nivel estatal, como por ejemplo, el Comité Oceanográfico Nacional (CONA), la Comisión Nacional de Acuicultura y la Armada de Chile. La figura 1 muestra cómo estas instituciones forman parte del proceso, destacándose la intervención de algunas instituciones en todos los ejes. Adicionalmente, se incorporó a dos instituciones de otros sectores dado su papel y relevancia en el diseño e implementación de regulaciones y acciones por FAN, estos son el Instituto de Fomento Pesquero (IFOP, sector privado que apoya al Estado) y la Comisión Nacional de Acuicultura (sector público/privado); ambos diferenciados con color rojo.

Otro grupo relevante es el sector científico, conformado por diversos centros de investigación, universidades, laboratorios y personas naturales que han abordado sistemáticamente el estudio de las FAN en sus diversas dimensiones.

La ciencia ha aportado al conocimiento de las FAN con acciones de investigación, docencia y transferencia tecnológica, generalmente desde un enfoque multidisciplinar. Sus principales productos son bases de datos, artículos científicos, informes, monitoreos y escritos que se utilizan como medio de divulgación. En algunos casos se generan colaboraciones internacionales que permiten profundizar en la temática y comparar resultados de investigación.

Por su parte, el sector privado, compuesto principalmente por empresas cuyas actividades pueden verse afectadas por las FAN, como la industria salmonera y la mitilicultura, no tiene acciones unificadas para enfrentar estos fenómenos; sin embargo, algunos integrantes de este sector sí desarrollan planes de contingencia, acciones preventivas, investigación y desarrollo, y consultoría. Si bien en la mayoría de los casos la información de estas acciones no es pública, a partir de los estudios realizados se puede señalar que, por ejemplo, la industria salmonera cuenta con ciertas medidas comunes, como

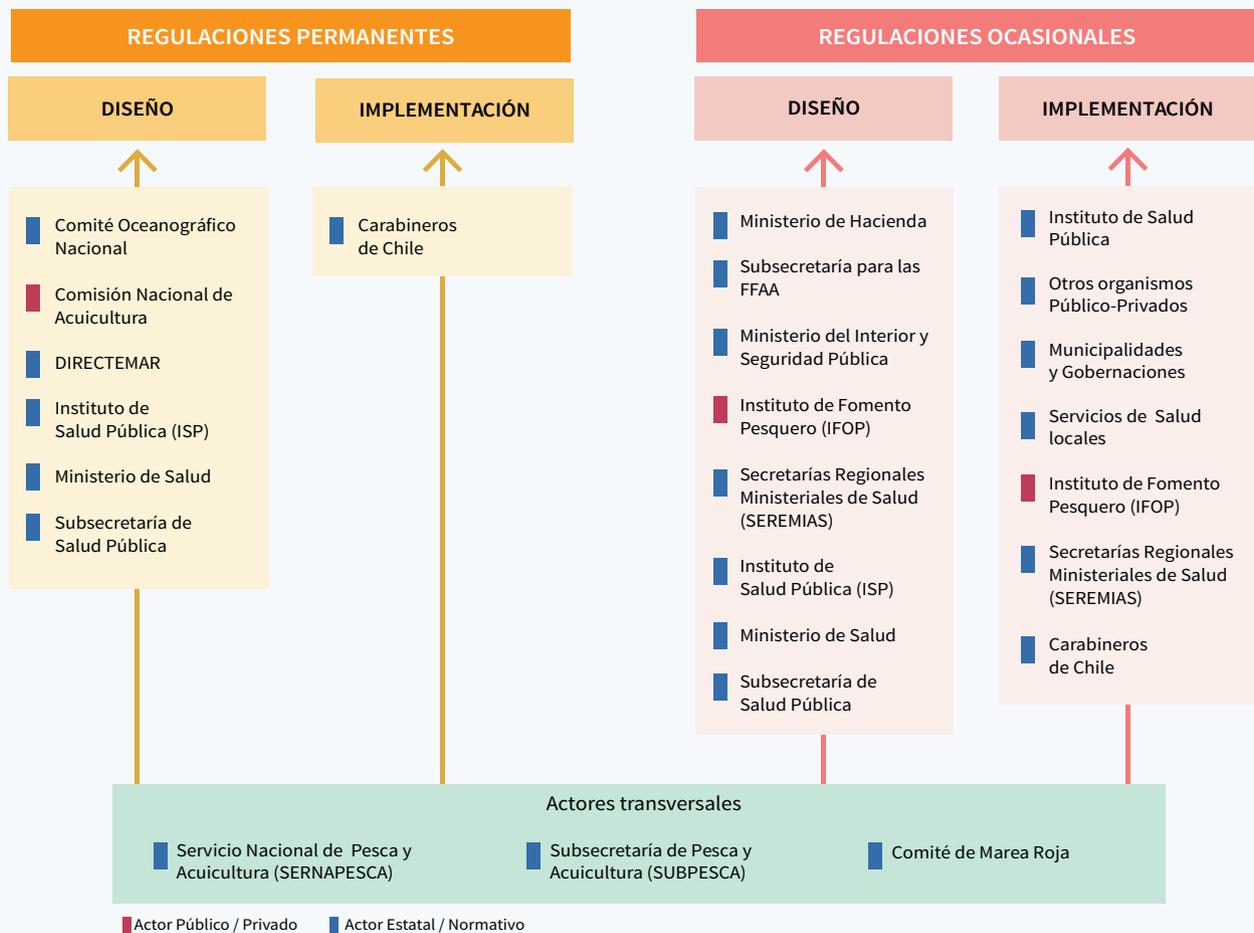


Figura 1. Participación institucional en el diseño e implementación de regulaciones ante las FAN. Fuente: Elaboración propia.

el dejar de alimentar a los peces cuando se presentan eventos de floración, movilizar los cardúmenes a zonas sin presencia de algas, adelantar cosechas si la autoridad pertinente lo autoriza y analizar periódicamente parámetros del agua. La mayoría de estas acciones son más reactivas que preventivas; de hecho, a pesar de las enormes pérdidas económicas y graves daños ambientales que estos eventos ocasionan en las zonas de producción, muy pocas empresas poseen un departamento o unidad dedicado a FAN. Además, estas medidas son autorreguladas, como la mayoría de las acciones que lleva a cabo este sector para enfrentar las diferentes [externalidades socioambientales](#) (ver BOX 1). Cabe señalar que la industria salmonera genera importantes alianzas entre sí, como SalmónChile, lo que puede ser un facilitador para generar acciones conjuntas ante eventos de FAN.

Finalmente, la sociedad civil es el sector que podríamos señalar como el más complejo y difícil de identificar en el proceso de toma de decisiones, pues, actualmente, no existe ninguna asociación civil que se dedique exclusivamente a trabajar la temática de las FAN en el país. En general, este grupo está compuesto por gremios, sindicatos, movimientos sociales, ONG y fundaciones que se vinculan a actividades ligadas a los ríos, mares y océanos, o a la protección y conservación del medio ambiente en general. La única información pública disponible sobre las acciones de estos actores ante episodios de FAN se encuentra en notas y registros de prensa, declaraciones, columnas de opinión y redes sociales. En general, sus acciones son reactivas y se generan ante un evento determinado, dependiendo del nivel de afectación que perciban y del impacto socioambiental que este tenga sobre los territorios.

Los distintos sectores sociales vistos en este capítulo establecen vínculos que denominamos "red de gestión de FAN" (ver Figura 2), compuesta, principalmente, por el sector científico (51 %), agentes empresariales (20 %), estatales (18 %) y la sociedad civil (11 %). Se identificaron siete subgrupos que organizan esta red. Cada subgrupo, identificado con colores, está conformado por instituciones de diferentes sectores que se vinculan con mayor intensidad entre sí. Las principales alianzas son Estado-sector científico, sector científico-privados y sector científico-sociedad civil, generando redes de colaboración que permiten avanzar de manera intersectorial y desde las bases hacia nuevas formas de gestión de las FAN (ver BOX 2). Esta red es una primera aproximación al tema, que podrá ser actualizada y complementada con otras fuentes de información en estudios futuros.

## BOX 1

### Autorregulación empresarial en la industria acuícola chilena

La complejidad, ineficiencia y fragmentación de la gobernanza asociada al borde costero, sumado a las actividades productivas, ha llevado al sector privado a desarrollar sus propios mecanismos de autorregulación para anticiparse o responder a las presiones de la sociedad civil frente a las [externalidades socioambientales](#) asociadas a sus actividades.

Mayores estándares, esquemas de certificación, ecoetiquetas, trazabilidad, reportes ambientales y sociales, y otras prácticas de responsabilidad social empresarial, han proliferado en el sector acuícola chileno, especialmente tras las sucesivas crisis y escándalos en los que se ha visto involucrado en las últimas dos décadas, incluida la crisis socioambiental de Chiloé en 2016. Pese a que las certificaciones poseen estándares de cumplimiento superiores a la normativa chilena, tienden a ser preferidos por los actores privados, pues son más claros y otorgan valor agregado en los mercados internacionales. Sin embargo, la adopción de estos mecanismos resulta altamente variable entre una empresa y otra, con algunas que pueden presumir una certificación casi total de sus productos, mientras que otras alcanzan cifras marginales.

Por otro lado, los datos libremente proporcionados por este sector muestran frecuentes discrepancias respecto de los mantenidos por las autoridades, los que, a su vez, también tienen importantes lagunas e inconsistencias, dificultando el monitoreo de la industria. Esto, junto a la tendencia de la industria a desplazarse hacia regiones prístinas, además de una limitada consideración de los equilibrios ecosistémicos y una escasa vinculación con las comunidades locales y la pesca artesanal, manifiestan una reducida capacidad de aprendizaje y un estancamiento en dinámicas que, si bien han parecido exitosas en el pasado en términos puramente económicos, resultan insostenibles frente a los cambios climáticos y ambientales de la actualidad.

Más información



- 22 Centro de Ciencia del Clima y la Resiliencia (CR)2
- 54 Interdisciplinary Center for Aquaculture Research
- 55 Departamento de Oceanografía, Universidad de Concepción
- 56 Departamento de Botánica, Universidad de Concepción
- 57 Chiloé Protegido
- 78 Movimiento Defendamos Chiloé
- 79 Greenpeace Chile
- 80 Ecoceanos
- 81 WWF
- 52 Departamento de Geofísica, Universidad de Concepción
- 53 Laboratorio de Medición, Innovación y Desarrollo Geofísico
- 12 Laboratorio de Toxinas Marinas de la Facultad de Medicina de la Universidad de Chile
- 14 Sistema Integrado de Manejo de la Acuicultura
- 27 Centro de Estudios de Algas Nocivas
- 29 Instituto Antártico Chileno
- 30 Instituto de Acuicultura y Centro de Investigación Dinámica de Ecosistemas Marinos de Altas Latitudes (IDEAL)
- 32 Universidad de Magallanes
- 33 Instituto Alfred Wegener para Investigaciones Polares y Marinas
- 34 Instituto Oceanográfico Scripps
- 35 Instituto de Investigaciones Polares de Corea
- 36 CSIRO Ocean and Atmosphere, GPO
- 37 Biology Department, Woods Hole Oceanographic Institution, Woods Hole, MA, USA
- 38 Centro para el Estudio de Sistemas Marinos, Argentina
- 39 Centro de Análisis Recursos Ambientales, Universidad Austral de Chile (CERAM)
- 47 REMARCO
- 13 Centro de Investigación GAIA Antártica, Universidad de Magallanes
- 16 Australis SeaFoods
- 28 Instituto Tecnológico de la Mtilicultura
- 49 Asociación de la Industria del Salmón de Chile AG
- 67 Camanchaca
- 68 Aquachile
- 70 Cermaq Chile
- 71 Cooke Aquaculture
- 72 Cultivos Yadran
- 73 Invermar S.A.
- 74 Mowi Chile S.A.
- 75 Salmones Austral
- 76 Salmones Multiexport S.A
- 77 Ventisqueros
- 61 Environmental and Fisheries Sciences Division, Northwest Fisheries Science Center
- 62 Gustaaf Hallegraeff, Juan José Dorantes-Aranda
- 63 Ocean Sciences Department, University of California Santa Cruz
- 64 Plancton Andino SpA, Laboratorio de Puerto Varas
- 65 Estuary & Ocean Science Center, Romberg Tiburon Campus, San Francisco State University
- 66 Plancton Andino SpA, Laboratorio de Castro
- 1 Sernapesca
- 2 Subpesca
- 3 Subsecretaría para las Fuerzas Armadas
- 4 SEREMIS
- 5 Contraloría General de la República
- 6 Dirección General del Territorio Marítimo y de Marina Mercante
- 7 Carabineros de Chile
- 8 Comisión Nacional de Acuicultura
- 9 Instituto de Fomento Pesquero
- 10 Comité de Marea Roja
- 11 Comité Oceanográfico Nacional
- 15 Asociación de Mitilicultores de Chile
- 17 Confederación Nacional de Pescadores Artesanales

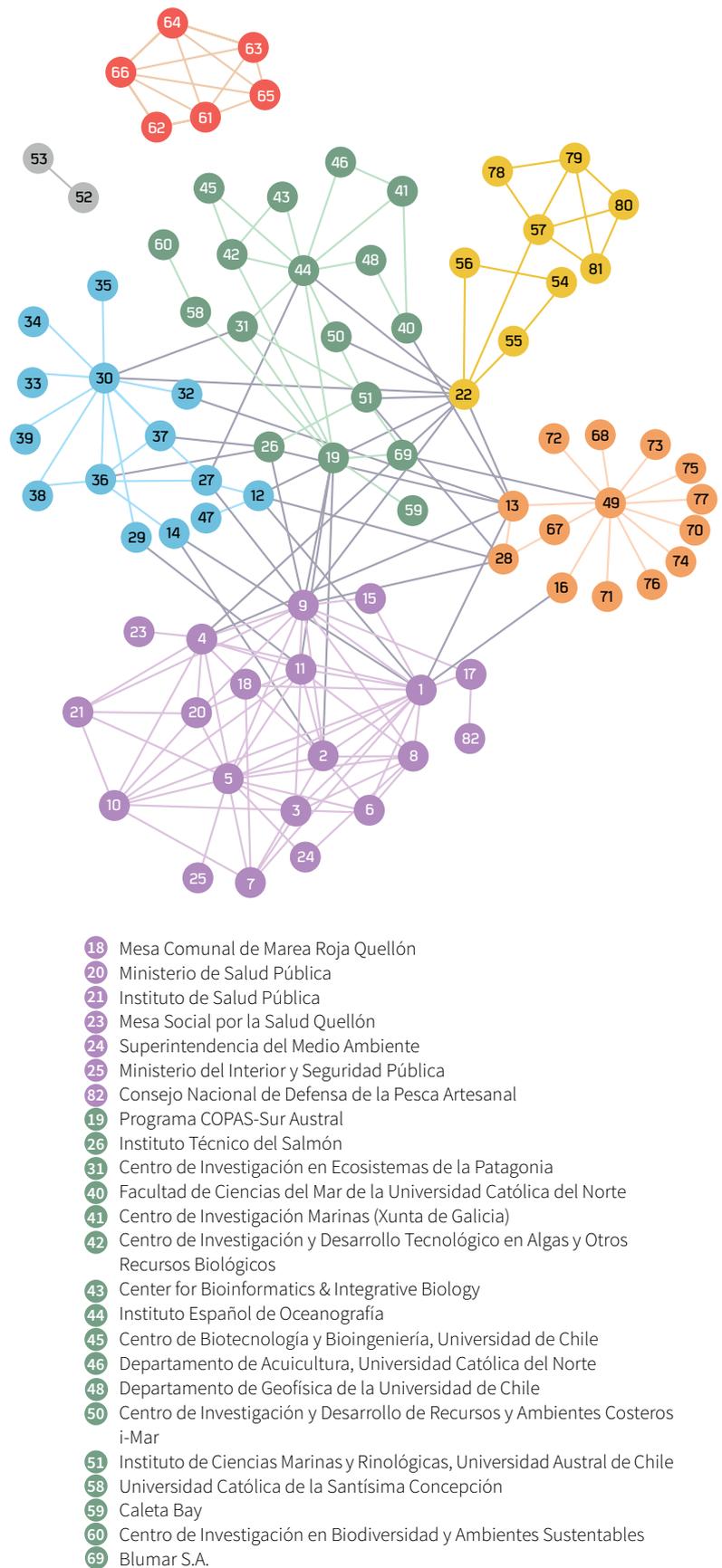


Figura 2: Análisis de Redes. A partir del rastreo de información en las páginas web de estas instituciones en una etapa previa del estudio (2020), se estableció que existía un vínculo entre ellas cada vez que una entidad figuraba explícitamente en la página web de otra como colaboradora. Así, se identificaron siete subgrupos: dos aislados (rojo y gris) y cinco que se encuentran vinculados entre sí. Entre los actores relevantes por su alta cantidad de vínculos se encuentran: el Centro GAIA, el IFOP, la Seremi de Salud, el Programa COPAS-Sur Austral, el (CR)2 y Sernapesca. Otros actores importantes son la Contraloría General de la República, la Asociación de la Industria del Salmón de Chile AG, Subpesca, el Instituto Español de Oceanografía, el Instituto de Acuicultura y el Centro de Investigación Dinámica de Ecosistemas Marinos de Altas Latitudes (IDEAL). Cabe señalar que la metodología utilizada, por lo tanto, omite otras formas de vinculación entre las entidades tales como vínculos no formales, no declarados, emergentes, o creados recientemente. Fuente: Elaboración propia.

## Hacia una gobernanza climática de las FAN

A partir de todo lo anteriormente expuesto, sumado a un análisis preliminar de la normativa asociada al fenómeno de las FAN y a la luz de los principios de gobernanza propuestos en el Informe a las Naciones (CR)2: "Gobernanza Climática de los Elementos", se pueden observar algunas debilidades y fortalezas presentes en la actual gestión de las FAN.

En cuanto a las debilidades, se identifica una falta de instrumentos que apunten de manera específica a abordar el fenómeno de manera integrativa, pues la gestión está fragmentada entre instituciones con pertinencia en ámbitos muy diversos, como el Minsal, Subpesca, el Ministerio de Defensa Nacional o el Ministerio del Medio Ambiente, los que manifiestan un bajo grado de coordinación y colaboración entre sí. Adicionalmen-

te, esta gestión se limita, por lo general, al monitoreo y a la prevención de intoxicaciones, y no aborda en profundidad otro tipo de impactos. Asimismo, se observa poca participación de otros sectores de la sociedad (ej. sociedad civil, actores privados), cuya colaboración sería muy relevante en la gestión de las FAN. También se observa un sistema de fiscalización insuficiente, posibilitando incumplimientos que podrían favorecer la ocurrencia del fenómeno (ej. en relación con el tratamiento de los desechos de la acuicultura). Por todo lo anterior, no se puede hablar propiamente de un modelo de gobernanza de las FAN, sino más bien de esfuerzos aislados e incipientes de gestión, con un enfoque eminentemente reactivo que dificulta un abordaje integral de las causas del problema (Farías, 2022).

### BOX 2 La red de respuesta y adaptación a la marea roja: aportes para una gobernanza de las FAN desde las bases

En el año 2019 nace la Red de Respuesta y Adaptación a la Marea Roja\* (Rearmar) (Instagram: @re\_ar\_mar) como un espacio de encuentro, intercambio de conocimientos, y generación de aprendizajes y propuestas para la coconstrucción de un nuevo enfoque ante las FAN. Si bien las políticas públicas para el abordaje de las FAN en Chile han tenido importantes logros en materia sanitaria, regulatoria y científica, esta agrupación presentó tres propuestas para realizar una gobernanza desde las bases: **1. Incorporar** mayor énfasis en el manejo de recursos naturales vulnerables ante la marea roja. Es decir, desarrollar el conocimiento y las herramientas que permitan que pescadores(as) tomen decisiones oportunas para sostener y diversificar sus actividades productivas. **2. Desarrollar** programas de educación e involucramiento de los(as) pescadores(as) en el abordaje de las FAN. Es decir, introducir criterios "desde abajo" para que así las comunidades costeras sean parte de las soluciones y no solo del problema. **3. Implementar** acciones permanentes, proactivas y adaptativas ante la amenaza de las FAN a nivel local y regional. Es decir, ante floraciones más severas y en zonas más extensas, son necesarias políticas que permitan anticiparse a los eventos y aprender a convivir con esta perturbación.

En esta dirección, Rearmar ha generado puentes entre organizaciones de pescadores (as), el sector público y el sector científico (Marín et al., 2022). En talleres con pescadores(as) y recolectores(as) se compartieron preocupaciones locales y se presentaron y discutieron los resultados científicos de diversos estudios. Además, se han realizado encuentros denominados "gira de la marea roja", que permitieron a pescadores(as) de sectores alejados, visitar el laboratorio de la Seremi de Salud de Los Lagos donde se realizan los análisis de toxinas marinas (Foto adjunta). Se mantiene un grupo de Whatsapp con más de quince dirigentes(as) de la pesca entre Quellón y Missisippi, en el que se comparte información actualizada y se canalizan situaciones anómalas en el borde costero. Entre los próximos desafíos de la red está incorporar a más organizaciones, incluir a pequeños(as) mitilicultores(as), y presentar sus propuestas a las autoridades regionales.



\*Este trabajo es parte del Proyecto FONDECYT 11171068 Post-disaster livelihood recovery and adaptations in natural resource-dependent communities in Chile; Proyecto ULAGOS RT105/19 Plataformas para la gobernanza colaborativa de la marea roja: articulación de esfuerzos, experiencias y conocimientos para respuestas de manejo pesquero, local, y adaptativo.

## Gestión actual de las FAN



### Fortalezas

- Existe conocimiento técnico-científico sobre FAN, que si bien actualmente es poco, hay investigaciones disponibles y otras en elaboración que se pueden utilizar para el diseño de mejores normas, políticas y programas públicos.
- Esfuerzos por mejorar la coordinación y colaboración.
- Avances normativos de regulaciones que afectan la gestión de las FAN, como modificaciones a la Ley General de Pesca y Acuicultura, la entrada en vigencia de la Ley Marco de Cambio Climático y la Estrategia Climática de Largo Plazo, entre otras.

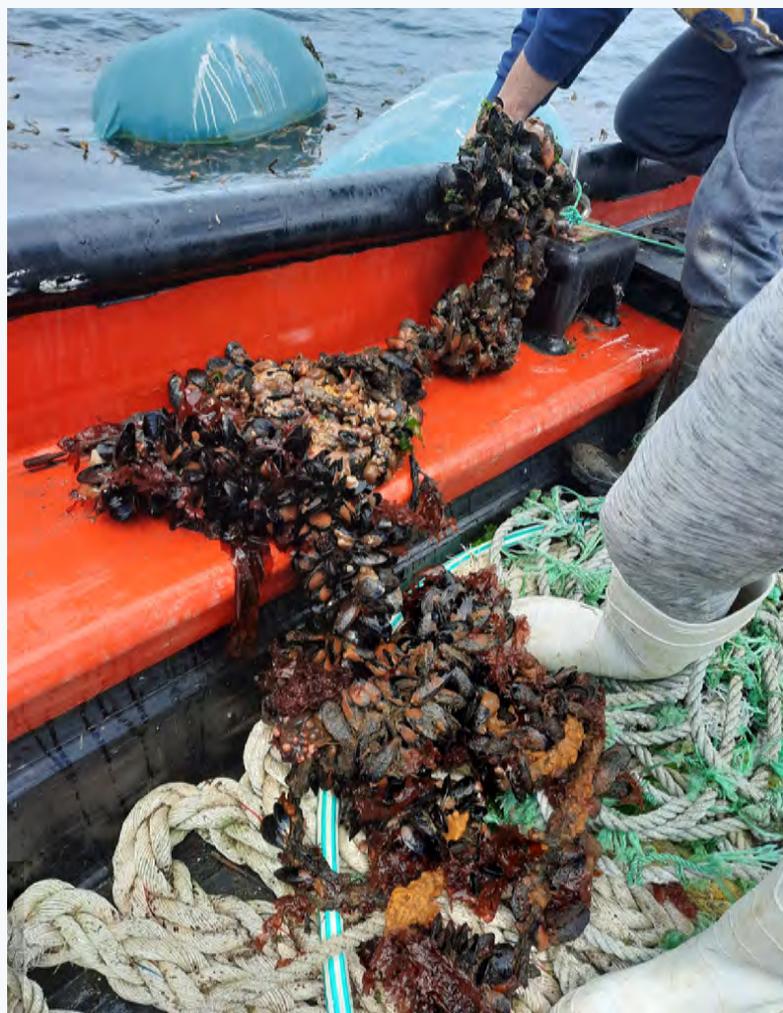


### Debilidades

- No existe un instrumento normativo, política, plan o programa que busque como objetivo principal abordar la ocurrencia del fenómeno, sus causas y consecuencias de manera integrativa.
- Sistema de fiscalización insuficiente, particularmente respecto de las obligaciones normativas, cuyo incumplimiento podría favorecer la ocurrencia del fenómeno.
- Escasa coordinación y colaboración entre instituciones estatales con injerencia en la gestión y prevención de las FAN; escasa participación de otros actores relevantes, como las comunidades, sociedad civil, academia y actores privados en la definición de acciones gubernamentales.

Sin perjuicio de las debilidades expuestas, existen algunas tendencias recientes que entregan un escenario propicio para avanzar en estas materias, tales como la creciente disponibilidad de conocimiento científico y recientes avances normativos relevantes para la materia (ej. modificaciones a la Ley General de Pesca y Acuicultura, entrada en vigencia de la Ley Marco de Cambio Climático y la Estrategia Climática de Largo Plazo, entre otras). Esto podría facilitar el tránsito de la actual gestión fragmentada a un modelo más robusto de gobernanza de las FAN, desde un enfoque de gobernanza climática capaz de abordar estos fenómenos de forma preventiva, integrativa y territorial, consciente de los desafíos generados por el cambio climático y los riesgos asociados con las FAN.

Además, debemos considerar que, actualmente, para las comunidades costeras que habitan la Patagonia la gestión de FAN es un tema relevante y se pronuncian sobre esto (Ver BOX 3), lo que abre una interesante ventana de oportunidades para concretar estos desafíos de manera colaborativa.



**BOX  
3**

## Gobernanza de las FAN, una mirada desde Quellón

El Estudio Quellón profundizó en las opiniones sobre los siguientes aspectos de la gobernanza de las FAN: **1. información, 2. toma de decisiones y 3. dificultades.** Quienes participaron del estudio consideran que la información en general es adecuada y valoran positivamente la comunicación de riesgo en salud, siendo los impactos en este ámbito los que más conocen. Sin embargo, dentro de las dificultades, señalan que no identifican a todos los sectores vinculados a la gestión de las FAN, solo reconocen a algunos, como la Mesa Comunal de Marea Roja, organismo autogestionado con integrantes de diferentes sectores sociales:

“La Mesa ha permitido armar una red de muestreo de marea roja. Estamos todas las semanas tomando muestras. Esta Mesa ha generado protocolos. Imagínate, nosotros sacamos flyers indicando la importancia de la marea roja, los peligros que ello conlleva, las medidas a tomar y todas las lanchas andan con sus flyers. Y se generaron planes de sanción para los mismos pescadores que incumplieran con las medidas sanitarias”

[Entrevista integrante sector Privado].

Se cree que para fortalecer la información se debe comunicar con claridad las causas de las FAN y las alternativas de respuestas.

En relación con la toma de decisiones, sostienen que el rol de liderazgo recae en el Estado y que este debe trabajar en equipo con otros sectores, mejorando y fortaleciendo las coordinaciones. Pero las dificultades son los inconvenientes en el diálogo intersectorial, la demora en la respuesta ante eventos de FAN de gran magnitud y la alta centralización:

“El 2016 hubo una dimensión multiplicada y se demoraron mucho las ayudas centrales del Gobierno. Hubo mucha demora, retraso en tomar las decisiones para actuar con urgencia frente a las necesidades efectivas de las personas que no podían trabajar”

[Entrevista integrante sector Científico].

Todas estas dificultades se superponen y generan descontento en la población al percibir que las gestiones son insuficientes y que el sistema de respuestas colapsa. Proponen avanzar hacia una mejor gestión de las FAN: descentralizada, colaborativa, con enfoque territorial, a escala local y con énfasis en las zonas más expuestas y vulnerables a las FAN.





## Capítulo 6

# Análisis de respuestas ante episodios de FAN

## Análisis de respuestas ante episodios de FAN

En este capítulo analizamos algunas acciones implementadas para enfrentar las FAN en la Patagonia chilena por parte diferentes sectores sociales, haciendo énfasis en la percepción y evaluación que tienen de estas medidas.

Así también, revisamos algunas experiencias internacionales relevantes en el área. Si bien las respuestas que se han desarrollado han contribuido a minimizar los impactos de estos eventos y es necesario mantenerlas, es importante también generar acciones que impliquen cambios mayores, permitiendo aumentar progresivamente la resiliencia de las comunidades costeras frente a estos eventos, especialmente considerando el aumento en su frecuencia, magnitud e intensidad.

### Percepciones sobre las acciones implementadas en Quellón ante episodios de FAN

#### Respuestas de adaptación

De acuerdo a los resultados del Estudio Quellón, para enfrentar los impactos sanitarios, sociales, económicos y culturales de las FAN, los distintos sectores sociales llevan a cabo diversas acciones que, generalmente, han sido implementadas durante el momento mismo de la emergencia, con escasa planificación y orientadas a resolver problemas puntuales a corto plazo.

En el caso del Estado, vemos respuestas como entrega de bonos y subsidios, inyección de recursos específicos para investigaciones acotadas, implementación de protocolos sanitarios, toma de muestras, monitoreo y cierre de áreas de extracción. En el caso de los privados, se ve principalmente monitoreo e implementación de medidas de emergencia, aunque en algunos sectores se han aplicado también cambios en el cultivo de mitíldos (mejillones o choros). El sector científico, por su parte, ha fortalecido la investigación en torno a las FAN, ha creado aplicaciones móviles, y ha propulsado redes y alianzas con la sociedad civil para compartir conocimientos. Finalmente, la sociedad civil se ha organizado en mesas de trabajo temáticas y ha presionado a las autoridades a través de movilizaciones y manifestaciones públicas.

Cabe destacar que todos los sectores sociales consideran que la mayoría de estas respuestas son reactivas, tardías, centralizadas, focalizadas y con escasa partici-

pación social, por lo que creen que su impacto es menor y no previenen o resuelven satisfactoriamente los conflictos sociales, generando una percepción de falta de preparación para enfrentar este tipo de catástrofes:

*“Ponen un poco de no sé, de amortiguación, con un par de bonos y no hay mirada de futuro, no se transforma a nada, todo sigue igual, solo con algunas cuestiones que son paliativas”*

(Entrevista integrante de la Sociedad Civil).

Respecto a evaluaciones positivas, se destaca el manejo sanitario que ha tenido el Estado para enfrentar y disminuir las intoxicaciones y muertes de personas, como, por ejemplo, aplicando monitoreos más intensivos y con mejor tecnología, el fomento de la organización comunitaria, el establecimiento de canales de información por redes sociales, y la creación y fomento de redes de colaboración:

*“Muchas de las decisiones que tomamos en este momento van informadas por redes sociales. Situación que hasta el 2016 a mí no se me habría ocurrido mandarle una resolución de cierre a un pescador y me la envíen de vuelta por redes sociales. Creo que eso ayuda mucho”*

(Entrevista integrante Sector Estatal).

El desarrollo de estas respuestas se ve influenciado tanto por barreras que limitan la capacidad de reacción como por facilitadores que la propician.

En Quellón se observan los **siguientes facilitadores**:

1. **Infraestructura**, tecnología y disponibilidad de especialistas para toma de muestras.
2. **Existencia de vínculos** entre comunidades locales, grupos organizados (como pescadores/as) y sector científico.
3. **Coordinación** entre servicios de salud y fuerzas armadas para el traslado y atención en casos de intoxicación.
4. **Capacidad de aprendizaje** en los distintos sectores sociales.
5. **Existencia de zonas protegidas**.
6. **Mayor sensibilidad** en la ciudadanía acerca de la temática FAN.

**7. Conocimientos tradicionales** sobre los sistemas marinos y acuáticos, y sobre riesgos ambientales que permiten a las personas comprender las floraciones de una manera más integral y, eventualmente, responder más fácilmente ante estos eventos.

En tanto, dentro de las **barreras** encontramos:

1. **Psicológicas** (dificultades a nivel individual o micro-social), como egoísmo, falta de confianza, poca conciencia de riesgo y baja responsabilidad social.
2. **Culturales** (relacionadas con prácticas culturales), como hábitos alimenticios, uso de lenguaje técnico y prácticas productivas.
3. **Estructurales** (dificultades a nivel macrosocial), como gobernabilidad frágil, extractivismo, brecha digital, aislamiento, entre otros (ver Figura 1).

**Barreras que dificultan el desarrollo de respuestas adaptativas**



Figura 1: Barreras de acción en Quellón. Fuente: Elaboración propia.

## Respuestas de transformación

Para enfrentar y prevenir los impactos de las FAN en la zona, los distintos sectores sociales mencionan que, además, se han implementado respuestas que podrían ser definidas como transformativas, es decir, que están asociadas a cambios profundos.

Entre estas acciones se destacan la creación de instancias formales de coordinación, como la mesa de marea roja que convoca a diversos actores locales; la generación y desarrollo de vínculos entre la academia y la comunidad, materializados en programas de formación y socialización del conocimiento del fenómeno FAN y sus consecuencias; la capacitación de personas e intervenciones en espacios educativos que buscan, por una parte, potenciar sus capacidades y complementar sus ingresos y, por otra, potenciar el desarrollo de estrategias preventivas y de cuidado fundadas en el conocimiento de los efectos de este tipo de eventos<sup>1</sup>. Todas estas acciones han impactado significativamente en la comunidad, generando cambios profundos en los modos de relacionarse, incorporando prácticas innovadoras y nuevas estructuras de gobernanza.

En términos generales, se reconoce la necesidad de producir cambios que involucren a la comunidad, al Estado, las empresas privadas y la academia. Sin embargo, se advierte el riesgo de que estos cambios beneficien a algún sector social en particular en desmedro de otros, con el potencial de convertirse, de esta forma, en cambios profundos con consecuencias negativas para algunos (lo que se conoce como transformaciones de trayectoria negativa).

Se reconoce, además, el valor y la necesidad de producir cambios profundos de manera colectiva y en distintos ámbitos como respuestas a estos eventos, especialmente como mecanismo de prevención de sus impactos. Para implementar estas transformaciones aparecen algunas dificultades:

**1. Desconfianza** de las comunidades locales hacia los organismos del Estado y los privados, la que emerge con más fuerza en episodios de crisis, impactando y limitando las posibilidades de trabajo conjunto.

**2. Permanente desencuentro** entre distintos sectores sociales, como el privado y la sociedad civil, que se verifican en los ámbitos productivos, culturales y técnicos en cuanto a la comprensión y conocimiento de los eventos de FAN y sus impactos.

**3. Precariedad de los lazos** informales existentes en la comunidad local, pero también de las estructuras formales locales que tienen competencias y atribuciones para tomar decisiones e implementar respuestas y soluciones en este tipo de eventos.

Uno de los cambios potencialmente transformativos de mayor relevancia corresponde a las modificaciones en las estructuras productivas como respuesta al riesgo e incertidumbre asociados a los eventos de FAN, lo que ha llevado a algunos productores a incorporar actividades agrícolas y de producción ganadera de microescala, relegando la pesca a una actividad secundaria. Estos cambios impactan en la economía familiar y comunitaria y, además, en la cultura, la sociedad y formas relacionales que requieren ser estudiadas y consideradas, pues pueden derivar en consecuencias positivas (como mayor resiliencia y soberanía alimentaria), pero también negativas (pérdida de tradiciones e impactos en la identidad de las comunidades).

Otras [acciones transformativas potencialmente positivas](#) tienen relación con la educación y la formación de líderes locales entre el profesorado y alumnado gracias al trabajo conjunto de la academia y las escuelas mediante la capacitación en la identificación y prevención de los impactos en la salud de los eventos FAN. Este trabajo ha acercado la investigación científica a la comunidad. En esta misma línea destaca también la mesa de marea roja, que impacta positivamente en las relaciones entre actores e instituciones, tendiendo a procesos integrados y a la colaboración entre sus miembros.

<sup>1</sup> Para mayor detalle revisar:  
<https://www.cr2.cl/datos-acciones-transformacion/>

## Análisis y comparación de las respuestas gubernamentales a nivel jurídico en los eventos FAN de 2016 y 2021

Para el análisis de las acciones gubernamentales ante FAN en la Patagonia se seleccionaron dos casos de estudio: **1.** el evento FAN ocurrido en el **seno de Reloncaví** en el año 2016, y **2.** el del **fiordo Comau** en el año 2021. El primero representó un hito en relación con la judicialización de casos asociados a FAN y a la determinación de la responsabilidad de los organismos públicos vinculados. El segundo, aunque a una menor escala, constituye un hito relevante para analizar los eventuales aprendizajes o avances sobre la materia desde el año 2016 a la fecha.

Respecto al caso del seno de Reloncaví, el evento FAN provocó una mortalidad de salmones a gran escala, afectando a 45 centros de cultivo y generando una pérdida que alcanzó 40.000 toneladas. Esto motivó medidas excepcionales por parte de la Directemar (apoyada por un informe técnico de Sernapesca), que dictaminó el vertimiento de 9.000 toneladas de salmones en descomposición al mar. Este hecho específico provocó la judicialización del caso en distintas instancias. La Corte Suprema acogió la [acción de protección](#) interpuesta por un grupo de pescadores ante la autorización del vertimiento y reprochó las fallas en la activación de la contingencia, la inacción de ministerios, y la descoordinación y actuación tardía (o inacción) por parte del Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura, de la Dirección General del Territorio y de Marina Mercante, de los Ministerios del Medio Ambiente y de Salud, así como de la Superintendencia del Medio Ambiente.

En relación al evento de marzo de 2021, se produjeron episodios de FAN en los fiordos Comau y Puyuhuapi, y el canal Jacaf; sin embargo, el más afectado fue Comau. Allí también hubo mortalidad masiva de peces cultivados en centros de acuicultura, pero la problemática se concentró en la gestión privada de la contingencia, puesto que una empresa infringió el plazo de retiro de los salmones muertos en sus centros de cultivo, lo que motivó distintas medidas administrativas y la judicialización de los hechos.

En ambos eventos las respuestas de los organismos públicos se pueden analizar desde tres grandes pilares o grupos: [normativas, fiscalizadoras y sancionatorias](#). No obstante, cada evento parece tener una orientación distinta. El del 2016 tuvo como foco las responsabilida-



des y actuación de los organismos públicos, centrándose en la ausencia de fiscalizaciones y respuestas coordinadas; mientras que el evento del 2021 se enfocó en la respuesta de la empresa titular de los centros de cultivo afectados y las sanciones contra esta.

Esta diferencia puede relacionarse con un proceso de mejoras en la regulación y coordinación de los organismos estatales a partir del caso del año 2016. Algunas de estas mejoras fueron las adecuaciones en las normas de gestión, principalmente relacionadas con modificaciones en la determinación de los contenidos mínimos de acción ante contingencias, la incorporación de la categoría "certificadores de sistemas de mortalidad<sup>2</sup>", metodologías y una mayor frecuencia del monitoreo de variables de los planes ante contingencias. Sin embargo, estas mejoras no parecen solucionar la eventual existencia de problemas estructurales en la regulación, lo que se manifiesta, entre otros aspectos, en la probable desactualización de un plan nacional sobre la materia, y de procedimientos transparentes de coordinación entre los organismos que intervienen en este ámbito.

## Género y respuestas para enfrentar las FAN

Los cambios globales debido a factores antropogénicos, especialmente aquellos vinculados al cambio climático, generan consecuencias en la sociedad, pero no afectan a todas las personas de la misma manera: son las mujeres y niñas, entre otros grupos vulnerables, quienes más sufren sus impactos (ONU, 2020). Estos fenómenos globales generan mayor deserción escolar en las niñas y menores oportunidades laborales para las mujeres, entre múltiples consecuencias que, finalmente, terminan exacerbando las brechas de género (Aguilar, 2021). Adicionalmente, existen importantes inequidades en cuanto a la tenencia de recursos naturales y a las decisiones que se toman en torno a estos, donde con frecuencia las mujeres son marginadas, pese a que

frente a estas problemáticas generan propuestas de solución y actúan colectivamente para cooperar con quienes más lo necesitan en sus comunidades (Das, 2014).

En el Estudio Quellón sobre percepciones de las FAN se aprecian algunos resultados relacionados con género. Por ejemplo, las mujeres tienden a realizar más acciones colectivas que los hombres, como ollas comunes durante momentos de protesta social, organización de colectivos o cooperativas para generar nuevos ingresos, y creación de agrupaciones de apoyo mutuo y de presión social, las cuales además lideran. Y ante las crisis socioeconómicas, muchas mujeres que se dedican principalmente al trabajo doméstico y de cuidados salen a trabajar fuera del hogar para colaborar con el sustento, ya que los hombres, que suelen ser los proveedores, han perdido sus fuentes de ingreso, lo que implica un aumento de la carga laboral en ellas, pues no dejan sus otras labores. Asimismo, mujeres que ya trabajan fuera del hogar, buscan un segundo trabajo para aumentar los ingresos familiares.

Es fundamental tener en cuenta los hallazgos presentados, ya que los conocimientos y experiencias de las mujeres son antecedentes claves para la adaptación ante los cambios globales, y también para avanzar en materia de igualdad de género y sustentabilidad.

*"(...) y empezó el tema de que los niños empezaban el colegio y no tenían los zapatos, los zapatos ya no le llegaban. Entonces se me ocurrió con mis mujeres de la pesca artesanal, yo tuve alrededor de 1.500 mujeres juntas, se nos ocurrió hacer trueque, truequearnos a nosotras mismas y al niño de la talla 36, por ejemplo, y yo tenía 37 y estaba nuevo, dámelos, truequeamos"*  
(Entrevista integrante de la Sociedad Civil).

<sup>2</sup>Un certificador de sistemas de mortalidad es una persona natural o jurídica encargada de certificar que los sistemas o equipos de extracción, desnaturalización y almacenamiento de la mortalidad de salmónidos de centros de cultivo de emplazados en ríos, lagos, estuarios y mar, cumplen con las capacidades exigidas conforme al artículo 4° A del Decreto Supremo 320/2011 del Ministerio de Economía, Fomento y Turismo, Reglamento Ambiental para la Acuicultura (RAMA): que los centros acrediten una capacidad mínima de extracción diaria de mortalidad y una capacidad mínima de desnaturalización diaria de mortalidad de 15 toneladas; y que dispongan de un sistema de almacenamiento de la mortalidad desnaturalizada, con una capacidad mínima que permita el almacenamiento de la biomasa desnaturalizada diariamente no inferior a 20 toneladas. La figura de certificador de mortalidades fue incorporada a la regulación de las actividades de acuicultura mediante el Decreto Supremo 68/2019 (DS 68/2019), del Ministerio de Economía Fomento y Turismo, con el objetivo de permitir la materialización de las exigencias introducidas al RAMA mediante el Decreto Supremo 151/2017 (DS 151/2017), del Ministerio previamente señalado, en relación con eventos asociados a mortalidades masivas de peces y otras contingencias de carácter ambiental.

## Análisis de respuestas a nivel internacional: ¿Qué hacen otros países para responder a las FAN?

Las FAN son un fenómeno extendido en los distintos cuerpos de agua del mundo; se observan desde los océanos al sur de China (Tian & Huang, 2019) hasta el mar Rojo (Gokul et al., 2020). En estos lugares, tal y como pasa en Chile, al parecer las FAN se han hecho más frecuentes (Glibert, 2020) y de mayor intensidad.

La preocupación de los países expuestos a las FAN se basa en los impactos que estas pueden tener, principalmente, en la salud de la población y en la economía local. Así, el objetivo de las medidas tomadas en distintos países se centra en evitar muertes y enfermedades por intoxicación al consumir alimentos (*United States Agency for International Development* [USAID], n.d.) o agua contaminada, y en aminorar los daños en la producción pesquera (Harley et al., 2020) y acuícola (Kimura et al., 2019) y en el turismo (Borja et al., 2020).

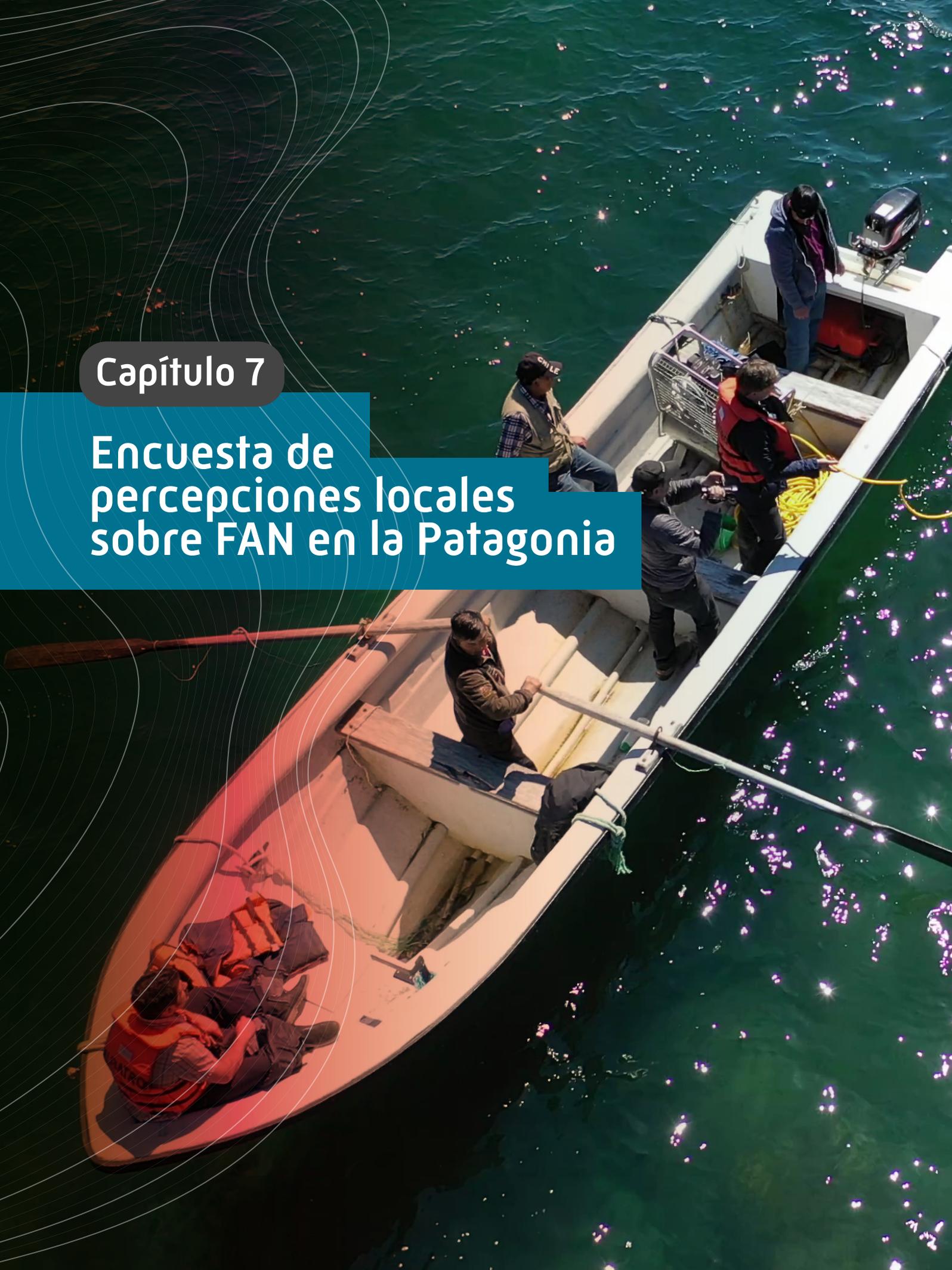
Si miramos estas medidas desde la perspectiva del análisis de la [adaptación al cambio climático](#), podemos concluir que, en primer lugar, se intenta conocer y monitorear el riesgo. Hay programas científicos de seguimiento del fenómeno, muestreo sistemático de zonas de pesca y recolección de productos del mar, y estudios de los diversos tipos de algas nocivas para las actividades humanas, como también sobre su comportamiento y proyecciones en diversas regiones del planeta (Sanseverino et al., 2016; Cuellar-Martínez et al., 2018; Harmful Algal Events Dataset, 2018; Lee & Lee, 2018; Anderson et al., 2019; Kimura et al., 2019; Tian & Huang, 2019; Borja et al., 2020; Smith & Bernard, 2020; Gokul et al., 2020; RAMOGE, n.d.; USAID, n.d.). En segundo lugar, están las medidas para disminuir la exposición a los efectos de las FAN, desde prohibiciones de pesca (USAID, n.d.) y recolección en zonas contaminadas hasta limitaciones de acceso a las zonas costeras para usos recreacionales. Por último, en cuanto a disminuir la vulnerabilidad, las medidas apuntan a diversificar la dependencia alimentaria y económica de productos y actividades con riesgo de sufrir daño debido a las FAN, con el fin de que las comunidades sigan abasteciéndose y generando recursos aun cuando se vean afectadas (Moore et al., 2020).

Un área de acción importante a nivel internacional se orienta a controlar el nivel de materia orgánica de los cuerpos de agua con mayor confinamiento, como son lagos, ríos y algunos fiordos, ya que una mayor concentración de nutrientes en el agua, como nitrógeno y fósforo, favorece el florecimiento de microalgas, puesto que son alimento para las mismas (Young et al., 2015; Paerl et al., 2019). La concentración de nutrientes en un cuerpo de agua confinado puede controlarse si se limita la llegada de materia orgánica, por ejemplo, desde las descargas de alcantarillados o en el agua que drena hacia los ríos desde los cultivos fertilizados. Muchas de las acciones que se toman para prevenir y controlar el aumento de FAN tienen este objetivo y dan lugar a regulaciones y prohibiciones para el vertimiento de residuos a lagos, ríos y fiordos, y a la aplicación de medidas para evitar la llegada de nutrientes por drenaje de agua desde zonas agrícolas, como la plantación de bosques nativos a la orilla de los ríos para que sirvan de filtro de la materia orgánica (Marraro et al., 2016; Lee et al., 2017), entre otras acciones. Así mismo, se ha intentado la remoción de sedimentos con alta concentración de nutrientes por medio de la succión, pero la eficacia de este método y sus efectos colaterales son controversiales (Paerl et al., 2018; Paerl et al., 2019).

Las FAN son también un problema extendido en los cuerpos de agua dulce. Los países que comparten lagos y ríos han tenido que llegar a acuerdos para tomar medidas conjuntas en la limitación de la carga orgánica que reciben estas aguas, como ha sido la experiencia en los Grandes Lagos que comparten Estados Unidos y Canadá (Marraro et al., 2016; International Joint Commission, n.d.). También hay países cuyas fronteras se encuentran en el océano y que establecen acuerdos en sus acciones en relación con las FAN, especialmente en el monitoreo y la evaluación de las distintas especies (Borja et al., 2020; RAMOGE, n.d.).



Figura 2: Mapa de respuestas internacionales. Fuente: Adaptado de Mitchell, R. (2021).

An aerial photograph of two fishing boats on a body of water. The boat in the foreground is white and has several crew members on board, including one in a red life vest. The boat in the background is also white and has an outboard motor. The water is dark green with many bright reflections. The text is overlaid on the left side of the image.

## Capítulo 7

# Encuesta de percepciones locales sobre FAN en la Patagonia

# Encuesta de percepciones locales sobre FAN en la Patagonia

Como se señaló en la Introducción de este informe, un equipo del (CR)2 desarrolló un estudio de opinión sobre las percepciones locales de las comunidades costeras de la Patagonia chilena acerca de distintos aspectos relacionados con los eventos de FAN. Durante diciembre de 2021 se aplicaron encuestas a un total de 1.718 personas mayores de 18 años (50 % mujeres y 50 % hombres), cifra estadísticamente representativa de la población total de la zona. Para analizar los resultados se consideró la edad de las personas (por tramos), su sexo (hombre/mujer), su nivel educacional (enseñanza

básica, media, técnica), el territorio que habitan (Chiloé-Llanquihue, Puerto Aysén y Punta Arenas-Porvenir), su actividad principal (asalariado, independiente, cesante) y su dependencia económica de productos del mar. Respecto de esto último, en general, la mayoría de las personas declaran una dependencia media de este recurso, siendo las/os habitantes de Chiloé-Llanquihue quienes expresan una mayor dependencia económica del mar (48 %). Para hacer más cercana la aplicación de la encuesta, a las personas no se les preguntó por "FAN", sino por "marea roja", nombre por el cual este fenómeno es más reconocido.



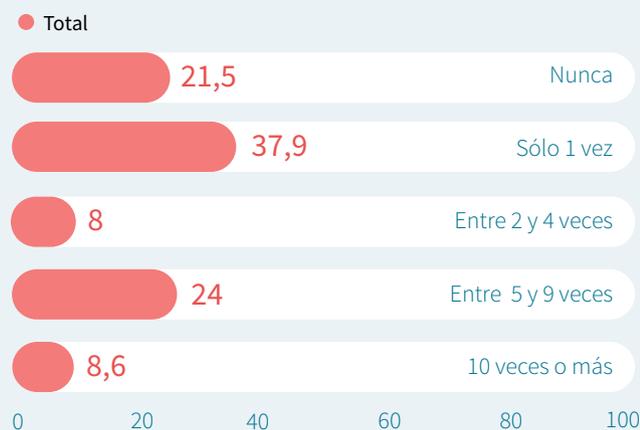
## Una visión general

Los resultados muestran que un **79 %** de las personas ha vivido al menos un **evento de marea roja** en su vida. Hay diferencias importantes entre los territorios: el 85 % de las personas que habitan Chiloé-Llanquihue reporta haber experimentado a lo menos una vez un episodio, en comparación con el 51 % en Puerto Aysén y 56 % en Punta Arenas-Porvenir (ver Figura 1).

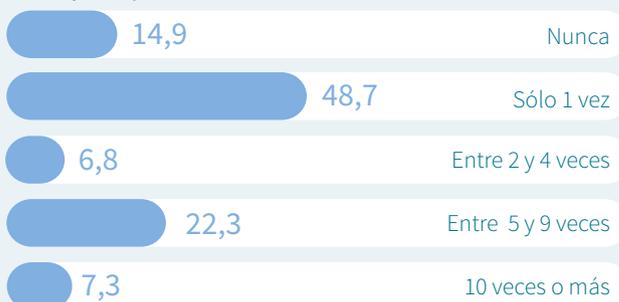
\* Todas las figuras son de elaboración propia

Figura 1: Episodios de marea roja experimentados a nivel total y por subterritorio.  
Porcentaje / N: 1718.

A lo largo de tu vida, ¿cuántas veces has tenido que enfrentar episodios de marea roja?  
(Respuesta única)



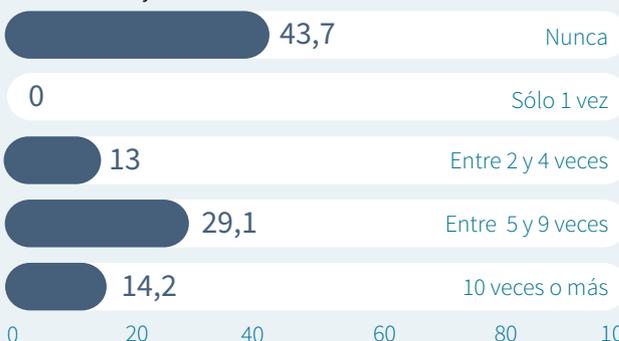
### Chiloé y Llanquihue



### Puerto Aysén



### Punta Arenas y Porvenir



Las personas destacan los **impactos en la salud y en actividades económicas** que ha generado la marea roja (ver Figura 2). Al profundizar en el ámbito económico, también hay diferencias importantes por territorio: en Chiloé-Llanquihue las personas declaran como principales impactos la "cesantía" e "inestabilidad laboral", siendo mayoritariamente las personas con alta dependencia del mar quienes señalan estos puntos. En tanto, en Aysén y Punta Arenas-Porvenir las personas destacan como principales impactos los "menores ingresos familiares" y "cambio forzoso de las actividades laborales y productivas".

A tu juicio, ¿qué **actividades o ámbitos** se ven más afectados cuando ocurre un episodio de marea roja? (Respuesta múltiple / 3 alternativas)



Figura 2: Percepción sobre principales ámbitos afectados por la marea roja a nivel total. Porcentaje / N: 1584.

Respecto a la preparación de sus comunidades para **enfrentar los impactos** de la marea roja, el 80 % de las personas percibe que sus comunidades están poco o nada preparadas para enfrentar los **impactos a la salud** (ver Figura 3), y un 63 % considera que están poco o nada preparadas para enfrentar sus **impactos socioeconómicos**, siendo en las provincias de Chiloé y Llanquihue donde se percibe menor preparación (ver Figura 4).

En general, ¿cuán preparada crees que está tu comunidad para enfrentar los **riesgos para la salud** por marea roja? (Respuesta única)

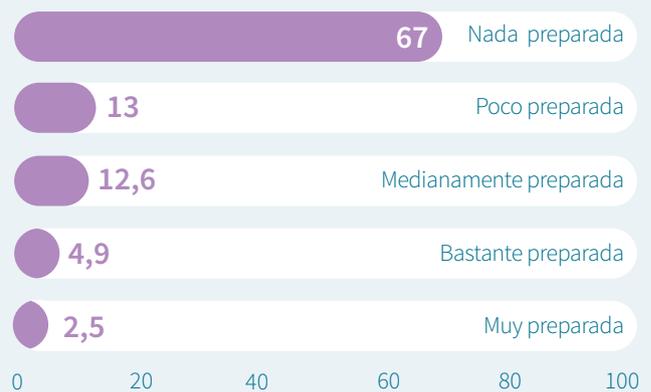


Figura 3: Percepción sobre el nivel de preparación de la comunidad frente a riesgos sanitarios derivados de marea roja, a nivel total. Porcentaje / N: 1718.

En general, ¿cuán preparada crees que está tu comunidad para enfrentar los **impactos socioeconómicos** por marea roja? (Respuesta única)

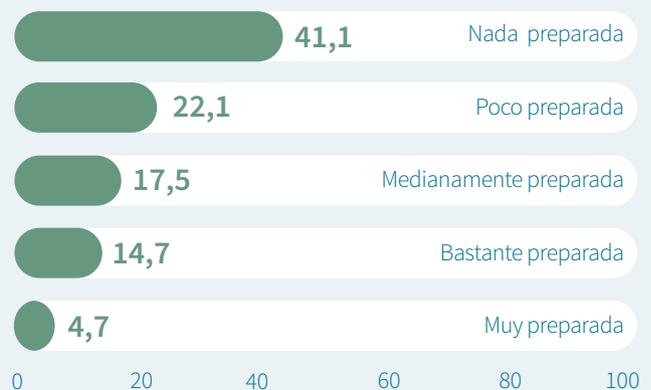


Figura 4: Percepción sobre el nivel de preparación de la comunidad frente a impactos socioeconómicos derivados de marea roja, a nivel total. Porcentaje / N: 1718.

Ante la pregunta “¿qué **acciones** han sido tomadas en el lugar donde vives para enfrentar las **consecuencias** de la marea roja?”, (ver Figura 5) la alternativa “mayor cuidado del medio ambiente” es la que prima, seguida de “ninguna” y de “la creación de nuevas fuentes de trabajo”, aunque en Chiloé-Llanquihue el tercer lugar lo comparte con “mayor vínculo con instituciones científicas”. Esto nos muestra que existe una asociación entre la problemática de la marea roja y la necesidad de **cuidar mejor el medio ambiente**, pero que también existe una parte importante de la población que desconoce las acciones efectuadas a nivel local para enfrentar eventos FAN.

Asimismo, en los tres territorios se pidió valorar la **efectividad de las acciones** de las autoridades y de las propias personas (“tú y tu familia”) al enfrentar los impactos de la marea roja en el ámbito de la salud y el socioeconómico. **En salud** (ver Figura 6), las acciones de las autoridades son peor evaluadas (“nada efectivas” y “poco efectivas”) que las acciones de las propias personas, dándose la evaluación más negativa (83 %) en Chiloé-Llanquihue. No obstante, en Punta Arenas-Porvenir la situación es a la inversa con una evaluación más negativa hacia lo que han hecho por sí mismas y con sus familias que lo realizado por las autoridades.

¿Qué **acciones** han sido tomadas en el lugar donde vives para enfrentar las consecuencias de la Marea Roja? (Respuesta múltiple / 3 alternativas)

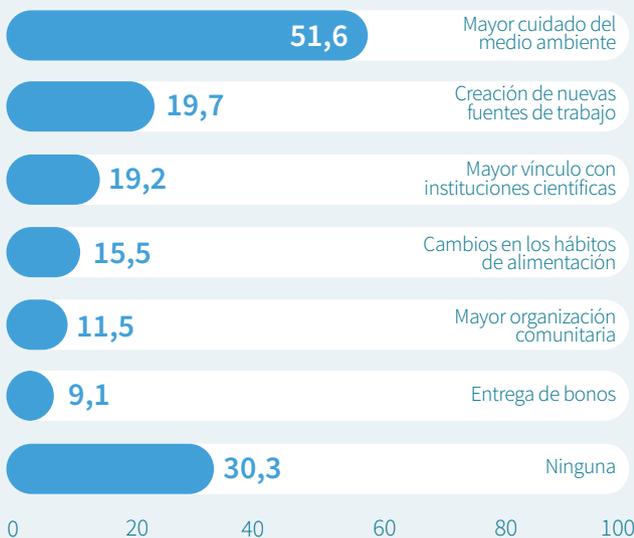


Figura 5: Percepción sobre acciones tomadas en el propio territorio para enfrentar consecuencias de marea roja, a nivel total. Porcentaje / N: 1439.

¿Qué tan efectivas han sido las medidas tomadas para enfrentar los **riesgos para la salud** de la marea roja en el pasado? (Sumatoria de Nada efectivas + Poco efectivas)

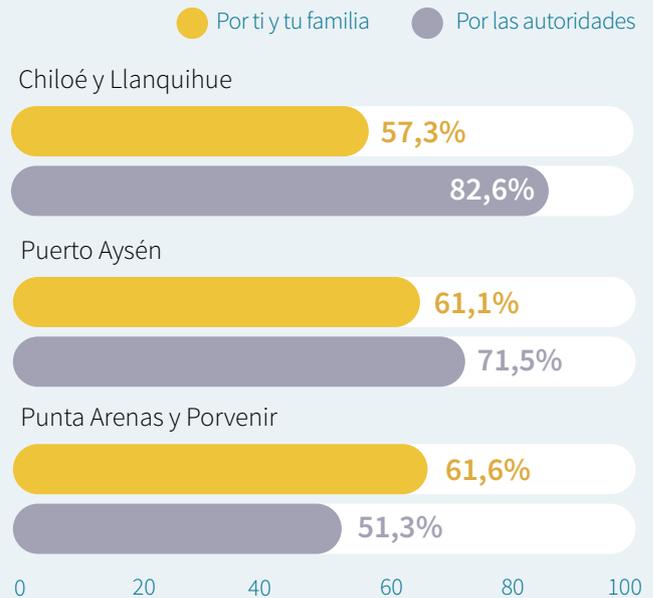


Figura 6: Percepción sobre efectividad de las medidas tomadas para enfrentar los riesgos a la salud debido a mareas rojas en el pasado.

En general, llama la atención la **mala evaluación** de lo realizado por las autoridades en el **ámbito sanitario**, pues las acciones implementadas han tenido resultados positivos en prevenir intoxicaciones y muertes (Instituto de Salud Pública de Chile 2010, 2012, 2022). Probablemente, esto se relaciona más con la **percepción subjetiva del riesgo** y la comunicación de lo que se hace más que con su efectividad.

Al mismo tiempo, es importante observar que, en general, las personas tienen una **baja valoración de su propia capacidad para enfrentar los impactos sanitarios** de la marea roja, haciendo evidente la necesidad de reforzar las estrategias de prevención y preparación a nivel comunitario.

En el caso de las medidas para enfrentar las **consecuencias socioeconómicas** (ver Figura 7), la mala evaluación que las personas realizan de sí mismas se incrementa significativamente en los tres territorios. Mientras que en relación a lo que realizan las autoridades, cuya evaluación es bastante menos negativa que en el ámbito de la salud, llama particularmente la atención los resultados de Chiloé y Llanquihue, donde la evaluación de las autoridades refleja, probablemente, el impacto positivo que han tenido los apoyos económicos que se han entregado en momentos de crisis de marea roja en el pasado. Sin embargo, es evidente que las personas se sienten muy limitadas respecto a lo que pueden hacer por sí mismas para enfrentar los impactos socioeconómicos de la marea roja.

¿Qué tan efectivas han sido las medidas tomadas para enfrentar las **consecuencias socioeconómicas** de la marea roja en el pasado?  
(Sumatoria de Nada efectivas + Poco efectivas)

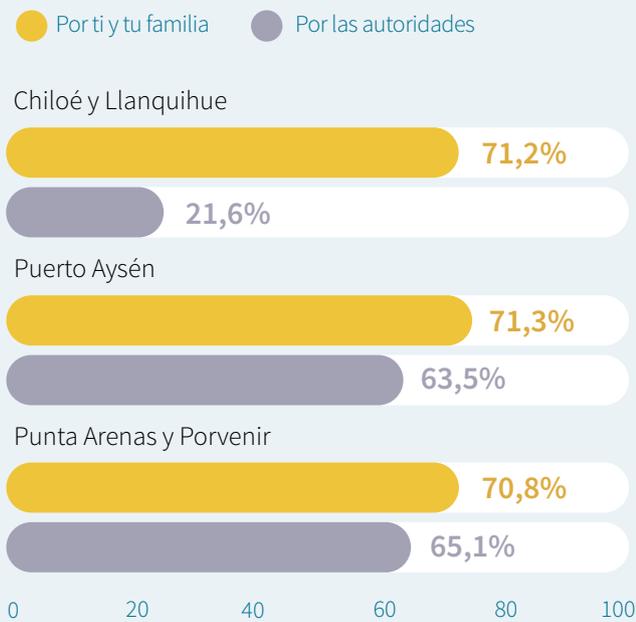


Figura 7: Percepción sobre efectividad de las medidas tomadas para enfrentar las consecuencias socioeconómicas de la marea roja en el pasado.

Cuando pasamos a proyectar **eventos de FAN en el futuro**, un 66 % de las personas considera que es bastante o muy probable que, en los próximos cinco años, ocurra un episodio de este tipo en el lugar donde viven (ver Figura 8). La cifra sube a cerca de un 74 % en las provincias de Chiloé y Llanquihue, y más de la mitad (56 %) de la población afirma estar bastante o muy preocupada de que esto suceda (ver Figura 9).

En tu opinión, ¿**cuán probable** es que en los próximos 5 años ocurra un episodio de marea roja en el lugar donde tú vives? (Respuesta única)

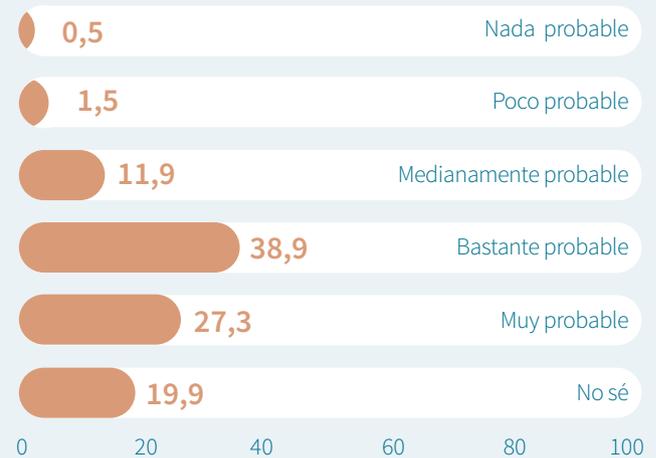


Figura 8: Percepción sobre probabilidad de que ocurran futuros episodios de marea roja, a nivel total.  
Porcentaje / N: 1718.

En general, ¿cuán **preocupado/a** te sientes frente a la posibilidad de que ocurran nuevos episodios de marea roja en el lugar donde vives? (Respuesta única)

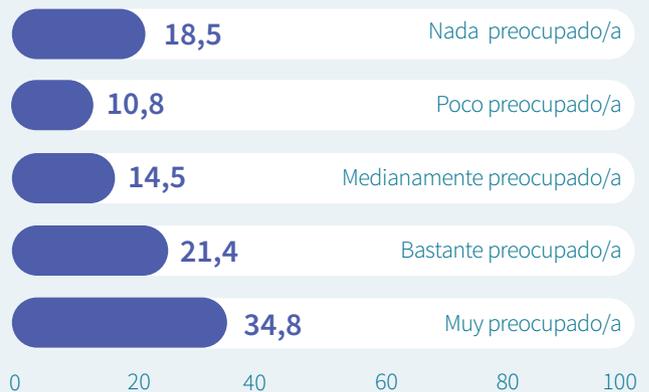


Figura 9: Preocupación por futuros episodios de marea roja, a nivel total.  
Porcentaje / N: 1718.

También se les consultó sobre algunos aspectos de **gobernanza de las FAN** pensando precisamente en futuros eventos. Como muestra la Figura 10, la mayoría de quienes participaron en la encuesta considera que, si bien para las autoridades regionales prepararse para futuros episodios de FAN es actualmente una prioridad, los recursos económicos que se invierten para enfrentar sus impactos son insuficientes (ver Figura 11).

¿Qué tan **de acuerdo** estás con esta frase?: "Prepararse para futuros episodios de Marea Roja es actualmente una prioridad para las autoridades de mi región" (Respuesta única)



Figura 10 : Nivel de acuerdo con frase sobre la marea roja como prioridad para autoridades regionales, a nivel total. Porcentaje / N: 1718.

¿Qué tan **de acuerdo** estás con esta frase?: "Los recursos económicos que se invierten en la región para enfrentar los impactos de la marea roja son suficientes" (Respuesta única)



Figura 11: Nivel de acuerdo con frase sobre suficiencia de recursos invertidos en la región para enfrentar impactos de la marea roja, a nivel total. Porcentaje / N: 1718.

En cuanto a las **responsabilidades institucionales** en la toma de decisiones, en los tres subterritorios las y los participantes de la encuesta sostuvieron que las principales instituciones encargadas deberían ser el Ministerio de Economía (Sernapesca y Subpesca), IFOP y los Gobiernos Regionales (ver Figura 12).

En tu opinión, ¿qué instituciones u organizaciones son las **principales responsables** de tomar medidas para enfrentar futuros episodios de marea roja? (Respuesta múltiple / 3 alternativas)



Figura 12: Percepción sobre principales responsables de tomar medidas frente marea roja, a nivel total. Porcentaje / N: 1718.

Sobre las **fuentes más confiables** para informarse acerca de FAN, aparecen los medios de comunicación, las ONG ambientalistas, y las universidades y centros de investigación como los más mencionados (ver Figura 13).

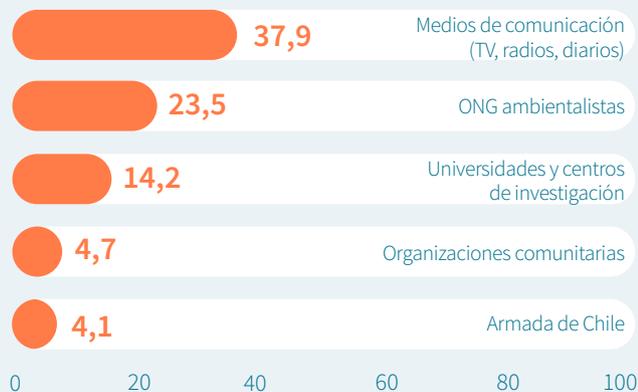


Figura 13 : Agente de mayor confianza para informarse respecto a marea roja. Porcentaje / N: 1718.

Finalmente, se preguntó por **otros efectos** que podrían tener las medidas para enfrentar la marea roja (ver Figura 14). En los tres subterritorios lideró la opción "Reducción de pobreza y desigualdad". En Chiloé-Llanquihue la segunda opción fue "acceso a agua limpia", mientras que en Puerto Aysén y Punta Arenas-Porvenir la segunda preferencia fue "Salud y bienestar de las personas".

En tu opinión, ¿qué **otros efectos** podrían tener las medidas necesarias para enfrentar la marea roja? (Respuesta múltiple / 3 alternativas)



Figura 14: Percepción sobre efectos adicionales de las medidas para enfrentar marea roja, a nivel total. Porcentaje / N: 1141.



## Diferentes vivencias y creencias

Más allá de las tendencias generales, se pudo establecer la existencia de **dos grupos humanos** con distintas percepciones sobre las FAN.

El primero de ellos equivale a un **37 % de la población** y se compone de habitantes de Chiloé y Llanquihue, cuyos ingresos en su mayoría dependen de los productos del mar, algo que parece incidir en su mayor conocimiento de los síntomas que produce una intoxicación por FAN. Respecto a este grupo se observa que:

1. Consideran que el empleo se ve afectado cuando ocurren las FAN y que su principal impacto es la escasez de alimentos.
2. Confían en la información sobre FAN que entregan los medios de comunicación.
3. Consideran que es bastante probable que en cinco años ocurra un nuevo evento.
4. Evalúan como poco efectivas las medidas adoptadas por las autoridades ante las consecuencias de las FAN en salud.
5. Consideran medianamente efectivas las medidas socioeconómicas, lo que se asocia a una evaluación positiva de los recursos que se invierten en su región para enfrentar las FAN.
6. Consideran que el acceso a agua limpia puede ser un efecto positivo de las medidas adoptadas para enfrentar las FAN, probablemente porque las personas asocian las FAN a agua contaminada.

El segundo grupo (**63 %**) se compone de personas de todas las regiones con baja a nula dependencia de los productos del mar. Respecto a este grupo se observa que:

1. Es diverso en su conocimiento sobre los síntomas de las intoxicaciones por FAN, así como en la probabilidad de que esta se vuelva a producir en cinco años.
2. Confían en la información que entregan las ONG ambientalistas, universidades y centros de investigación.
3. Consideran que la salud es el ámbito más impactado por los eventos FAN.
4. Uno de sus principales efectos es el cambio forzoso en las actividades productivas de las personas.
5. Expresan percepciones diversas sobre la efectividad de las medidas adoptadas por las autoridades.
6. Consideran que estas pueden tener un impacto positivo sobre la salud.

Estos resultados refuerzan la importancia de abordar las FAN con un enfoque territorial que reconozca las particularidades ambientales, sociales y económicas de las distintas localidades expuestas a estos eventos. El trabajo de prevención y preparación frente a los posibles impactos de las FAN tiene que considerar que, variables como el nivel de dependencia económica y social con el mar o la ubicación geográfica, pueden incidir significativamente en la forma en que las personas perciben el problema, en la importancia atribuida a los distintos impactos de las FAN, en la evaluación que hacen de las medidas que se implementan para enfrentarlo y en las fuentes de información más confiables para informarse sobre esta problemática.





## Capítulo 8

# Conclusiones

## Conclusiones

*Con el presente informe buscamos contribuir a través de la investigación y evidencia científica al entendimiento del fenómeno de las FAN y su discusión pública. Analizamos el conocimiento ya existente en este campo e integramos una mirada transdisciplinar desde el*

*enfoque de riesgo del IPCC, considerando los impactos, amenazas, exposición, sensibilidad, capacidad adaptativa, gestión y respuestas de distintos sectores sociales, aportando en la discusión y diseño de estrategias de prevención, mitigación, adaptación y transformación que permitan avanzar hacia una gobernanza climática de las FAN en las zonas costeras de la Patagonia chilena.*

La gobernanza climática se basa en principios fundamentales que permiten orientar la toma de decisiones y la elaboración de instrumentos normativos. Considerando trabajos previos del (CR)2, principalmente el Informe a las Naciones “Gobernanza Climática de los Elementos” (Billi et al., 2021), sostenemos que una gobernanza climática de las FAN debiera adoptar tres principios fundamentales:

**1. Enfoque Anticipatorio**, que implica considerar escenarios futuros sobre FAN en las decisiones que se adopten para enfrentar estos eventos y que tengan como objetivo disminuir las vulnerabilidades socioambientales asociadas, aumentando la resiliencia de las comunidades humanas, los ecosistemas y los territorios.

**2. Enfoque Territorial Socioecosistémico**, donde las acciones que se implementen sean pertinentes a la realidad de cada territorio y se reconozcan las diversas interacciones socioecológicas existentes, y sus diferentes grados de exposición y vulnerabilidad, pudiendo articular o trascender las formas de administración territorial tradicionales.

**3. Buena Administración**, es decir, una administración objetiva, transparente, coordinada, eficiente y eficaz (Correa, 2019; Espinoza, 2020), que opere considerando la mejor evidencia científica disponible, y los conocimientos locales, tradicionales e indígenas. Esto implica priorizar estrategias que consideren costos económicos, ambientales y sociales (incluyendo los costos indirectos de la inacción), garantizar una inclusión amplia y, especialmente, una participación efectiva de todos los sectores sociales en la toma de decisiones, asegurando la transparencia y rendición de cuentas activa por parte de las autoridades decisorias y ejecutivas.

En este contexto, a partir del trabajo realizado, consideramos relevante destacar los avances y logros que se han alcanzado en el país para abordar las FAN y que son el punto de partida para mejorar su gobernanza:

- **Primero**, los múltiples esfuerzos del sistema público en el área sanitaria para prevenir intoxicaciones y muertes han sido altamente efectivos.
- **Segundo**, los actuales avances en información científica acerca de las FAN permiten la identificación y su potencial relación con diversos factores causantes (meteorológicos, hidrográficos, oceanográficos y biológicos).
- **Tercero**, las actuales capacidades técnicas de observación y monitoreo han permitido implementar procesos de adaptación y de reducción de vulnerabilidades de las comunidades humanas costeras, con potencial para mejorar también la protección de los ecosistemas y sus servicios.
- **Cuarto**, los avances en coordinación y articulación de sectores sociales vinculados a la gestión de FAN han permitido construir redes de acción importantes para el diálogo y la toma de decisiones, destacándose la creación de mesas de “marea roja” de base territorial.
- **Quinto**, la institucionalidad política ha tenido la capacidad de corregir y emplear nuevos aprendizajes, mejorando su gestión y respuestas ante eventos FAN.
- **Sexto**, las respuestas que integran conocimientos científicos y saberes locales han sido reconocidas y valoradas positivamente por las comunidades afectadas por FAN.

Al mismo tiempo, destacamos dos herramientas metodológicas desarrolladas para este informe que permitieron aproximarnos a las percepciones de riesgo que tienen las comunidades que habitan los territorios más expuestos y vulnerables a FAN: la Encuesta de percepciones locales sobre FAN en Patagonia chilena y el Estudio cualitativo sobre experiencias, impactos y respuestas en relación a FAN realizado en Quellón. Estas permitieron identificar y conocer las experiencias, valoraciones, proyecciones, ideas de cambio, motivaciones,

aprehensiones y propuestas que las propias comunidades afectadas por eventos FAN tienen. Finalmente, la construcción de indicadores socioeconómicos para evaluar el impacto de las FAN, también generados para este informe, constituye otra herramienta que puede contribuir tanto a comprender la multidimensionalidad del problema como a monitorear las acciones que se implementen.

Aun cuando los avances señalados son altamente importantes, a lo largo del informe identificamos diferentes brechas y vacíos de conocimiento que suponen una barrera para abordar las FAN de manera integral y con enfoque de gobernanza climática. Estas brechas se distribuyen en cuatro grandes ámbitos:

## Estado y sus reparticiones



### Brechas identificadas:

- 1** **Gestión institucional** de las FAN generalmente **fragmentada** y en ocasiones solamente **reactiva** y no preventiva; con **escasa coordinación** entre reparticiones y con roles y responsabilidades poco claras.
- 2** **Marco regulatorio** y normativo **inapropiado** para abordar la complejidad de las FAN e **instrumentos** de política pública fundamentales **sin actualización** (por ejemplo, el Plan Nacional sobre FAN en Chile, 1999).
- 3** **Escasa participación ciudadana** en el diseño, implementación y evaluación de políticas de FAN, y débil o **inestable articulación entre sectores sociales** (estatal, privado, sociedad civil, científico).
- 4** Enfoque de **gestión de riesgo** que **no considera** a las FAN como potenciales **desastres socioambientales** con severos impactos socioeconómicos para las comunidades humanas dependientes de los recursos del mar, principalmente aquellas con economías de subsistencia o escasamente diversificadas.
- 5** Importante **inversión estatal** para monitoreo y prevención, pero **no la suficiente** para abordar riesgos e impactos de las FAN que afectan múltiples sectores.

## Conocimiento sobre las FAN



### Brechas identificadas:

- 1** **Diversidad de las FAN**, sus gatillantes y la magnitud de sus impactos sobre los sistemas socioecológicos.
- 2** Posibles **interacciones con actividades humanas** que se desarrollan en ríos y mar, y que podrían favorecer el desarrollo de las FAN.
- 3** **Faltan modelos y ponderaciones de riesgo** ante eventos FAN a diversas escalas espaciales.
- 4** Se necesita reforzar **estudios interdisciplinarios y transdisciplinarios** acerca de las FAN con enfoque territorial.

## Sistema de monitoreo



### Brechas identificadas:

- 1 Se cuenta con un **sistema de monitoreo** de FAN en la Patagonia, pero este **carece** de una visión socioecosistémica, tanto en su diseño como en la interpretación y análisis de los datos que se generan. Falta una **perspectiva** que considere variables **ambientales, biológicas y sociales**, que permita hacer un diagnóstico integrando tanto la variabilidad climática natural (local, regional y global) como de las amenazas climáticas y no climáticas, priorizando la información sobre los impactos en la estructura y funciones de los ecosistemas y la realidad socioeconómica del territorio.
- 2 El sistema de monitoreo **no incorpora** variables como los **nutrientes** a lo largo de toda la región, y no se actualizan constantemente las especies de microalgas que debieran ser monitoreadas.

## Comunicación del riesgo



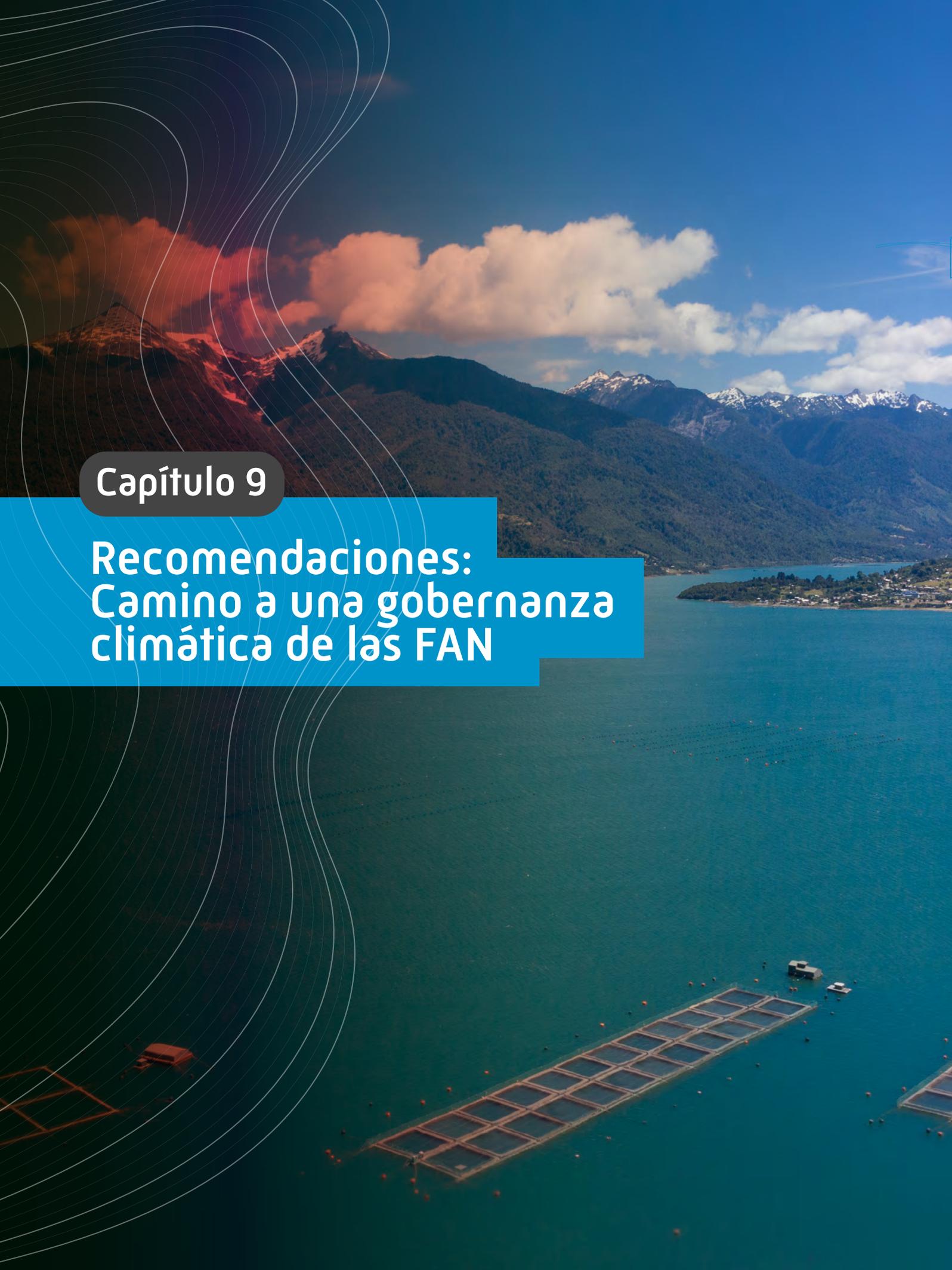
### Brechas identificadas:

- 1 **Escasa disponibilidad** pública de datos, con altos niveles de dispersión y una periodicidad/latencia muy prolongada.
- 2 Comunidades humanas en zonas aisladas a las que aún es **difícil hacer llegar** información directa y actualizada respecto a las FAN.

La evidencia determina la necesidad de **fortalecer, mejorar** e, incluso, en algunos casos, **reestructurar** ciertos elementos en estos **cuatro ámbitos** para abordar las brechas anteriormente identificadas y avanzar hacia una **gobernanza climática de las FAN** en nuestro país.

En el próximo capítulo realizamos **recomendaciones** para cada uno de estos ámbitos, y para cada recomendación proponemos algunas **acciones concretas** a desarrollar a corto, mediano y largo plazo.





Capítulo 9

**Recomendaciones:  
Camino a una gobernanza  
climática de las FAN**

# Recomendaciones: Camino a una gobernanza climática de las FAN

Las siguientes recomendaciones se construyeron colectivamente entre **investigadoras** e **investigadores** del (CR)2 y **externos(as)**, además de representantes del sector **estatal, científico, privado** y de la **sociedad civil**, participando alrededor de cincuenta personas en su redacción. El proceso de construcción constó de **dos**

**talleres de discusión** sobre brechas, recomendaciones y acciones, uno ampliado a todos los sectores y otro solo de investigadores (CR)2; las recomendaciones y acciones se validaron, además, mediante una **encuesta online** contestada por todos los sectores.

Periodo de tiempo considerado para implementar las recomendaciones:

-  Corto plazo: **0-2 años**
-  Mediano plazo: **2-5 años**
-  Largo plazo: **más de 5 años**



## Recomendaciones para El Estado y sus reparticiones

*“Hacia un Estado más proactivo: por el bienestar de comunidades humanas y ecosistemas”*

Fortalecer la **coordinación** entre instituciones públicas vinculadas a FAN, estableciendo jerarquías y clarificando roles, delimitando áreas de actuación y **asignando responsabilidades específicas**.

(Respuesta a brecha **1**)

**Establecer instancias formales de comunicación** periódica entre las instituciones públicas involucradas en la gestión de las FAN a nivel nacional, regional y comunal.

En los protocolos de respuesta frente a episodios FAN **establecer claramente** los **roles, responsabilidades** y tiempos de respuesta de cada una de las instituciones, servicios y organismos involucrados.

Actualizar la actual política pública sobre FAN desde un enfoque de Gestión de Riesgos de Desastres y desarrollar un marco regulatorio y normativo que facilite la **gobernanza integrada de las zonas costeras**.

(Respuesta a brecha **2**)

Analizar qué **políticas públicas** se vinculan con FAN para transversalizar esta problemática.

**Priorizar**, en los programas y subprogramas de la Superintendencia del Medio Ambiente, la **fiscalización** de las resoluciones de calificación ambiental de las actividades productivas ubicadas en áreas más proclives a floraciones de algas nocivas (capacidad de carga de los ecosistemas y número de concesiones, etc.) y reforzar el sistema de sanciones.

Iniciar un **proceso de coconstrucción** de un nuevo Plan Nacional para enfrentar las FAN con participación del sector público, privado, científico y de la sociedad civil.

Generar una **ley de zonas costeras** que defina una gobernanza climática integrada, que promueva la coherencia de los usos productivos y no productivos, y mantenga el equilibrio ecosistémico de los océanos considerando los escenarios de un clima cambiante.

Revisar aspectos relacionados con la capacidad de carga de los **ecosistemas afectados** por FAN en la Ley General de Pesca y Acuicultura (Ley N° 21.408), actualizando las amenazas climáticas y no climáticas presentes y futuras.

Diseñar instrumentos e intervenciones para cada etapa de la **Gestión de Riesgos de Desastres** aplicada a las FAN, generando indicadores que permitan evaluar su eficacia con un enfoque territorial.

**Fortalecer las actuales redes de colaboración entre el sector público, sector científico, sociedad civil y empresas privadas, y, si es necesario, crear nuevas redes, siempre con énfasis en la participación de las comunidades locales.**

(Respuesta a brecha **3**)

Creación de un **"Comité de Gobernanza de las FAN"** que reúna periódicamente a los sectores claves (estatal, científico, privado y sociedad civil) y que cuente con un presupuesto público que permita su instalación y funcionamiento.

Generar instancias de **colaboración con el sector privado** orientadas a intercambiar aprendizajes y experiencias de gestión de las FAN.

**Formalizar procedimientos** para que representantes de las comunidades locales puedan realizar denuncias sobre malas prácticas asociadas a las FAN (Centinelas comunitarios).

**Desarrollar proyectos de diversificación productiva en las zonas costeras afectadas por FAN.**

(Respuesta a brecha **4**)

Generación de un **diagnóstico** sobre la **capacidad adaptativa** y de **transformación** de las comunidades locales.

Desarrollo de **estudios de mercado** complementados con estudios socioambientales sobre la potencialidad de generar nuevas actividades productivas sustentables.

Diseñar **programas curriculares** (enseñanza media y superior) que potencien la formación en oficios u otras actividades productivas no altamente dependientes del mar.

Fortalecer programas de **capacitación permanentes** y con valor agregado para habitantes de zonas costeras, orientados al desarrollo de otras actividades económicas alternativas al uso de los recursos marinos.

**Aumentar el presupuesto para la gestión de las FAN (más allá de monitoreo y alerta).**

(Respuesta a brecha **5**)

Disponer **recursos para capacitación**, interacción, difusión e intercambio de conocimientos entre los diversos sectores sociales, con énfasis en la interacción del sector estatal y el científico.

Asegurar **recursos a nivel regional y local** para la adquisición de tecnología para el análisis de muestras en los mismos territorios y así no depender de laboratorios externos.

Disponer de **más recursos públicos** para incrementar proyectos de ciencia pública y ciencia ciudadana orientados a la prevención y preparación frente a las FAN.

Periodo de tiempo considerado para implementar las recomendaciones:

Corto plazo: **0-2 años**

Mediano plazo: **2-5 años**

Largo plazo: **más de 5 años**



## Recomendaciones para Conocimiento de las FAN

*"El conocimiento es nuestro mejor aliado; saber para decidir"*

### Estimar y evaluar de forma participativa el riesgo ante FAN con enfoque territorial.

(Respuestas a brechas **1** y **3**)

Evaluar **nuevas variables/procesos** que representen **amenazas** para los ecosistemas (por ejemplo, agua de lastre de transporte naviero o potencial traslado de FAN por wellboats).

Crear **indicadores/índices** para cuantificar el **riesgo** en distintos territorios, cada uno con ponderaciones propias de amenazas, exposiciones y vulnerabilidades.

Generar **mapas dinámicos** de riesgo asociados a los distintos tipos de FAN, considerando diferencias según especies de microalgas.

### Desarrollar investigaciones que aborden las interacciones entre las actividades humanas, el clima y las FAN, enfatizando la caracterización de impactos socioeconómicos y psicosociales en las comunidades costeras con un enfoque territorial.

(Respuestas a brechas **2** y **4**)

Generar instancias de **investigación transdisciplinarias** con un enfoque de gestión de riesgo en torno a los impactos psicosociales que puedan generar las FAN en los territorios y la memoria local respecto a esta problemática.

Realización de una **encuesta periódica** sobre percepciones e impactos de las FAN en comunidades costeras para visualizar cómo estos eventos inciden en la vida de las personas.

Generar **convenios con universidades** para realizar tesis o prácticas sobre impactos de las FAN con estudiantes de carreras de ciencias sociales.

Integrar **profesionales de las ciencias sociales** en equipos de intervención territoriales, instituciones y equipos de investigación vinculados a FAN.

Periodo de tiempo considerado para implementar las recomendaciones:

- Corto plazo: **0-2 años**
- Mediano plazo: **2-5 años**
- Largo plazo: **más de 5 años**



Determinar un conjunto de indicadores, validados a nivel local, para **monitorear de manera sistemática** los impactos socioeconómicos y socioambientales (capacidad de carga) de las FAN.



## Recomendaciones para Sistema de monitoreo

### "Monitorear para entender y actuar"

Definir condiciones climáticas favorables y no favorables para cada una de las especies que producen FAN y dejan impactos significativos.

(Respuesta a brecha **1**)

Articular la **evidencia científica existente** (basada en observaciones y modelos) relativa a tendencias climáticas observadas y futuras (índices ENSO, SAM, MJO, PDO) con el potencial desarrollo de especies FAN.

Creación de un **equipo científico consultivo** conformado por especialistas de instituciones nacionales para la gestión de riesgo de FAN.

Generar un **sistema integrado de observación** en algunos sistemas acuáticos que presenten una mayor sensibilidad y riesgo de FAN, y que cuenten con presencia endémica de especies causantes, enriquecimiento de nutrientes, hipoxias, entre algunos forzantes antropogénicos.

Generar un **fondo económico regional permanente** para la instalación, integración y mantención de estaciones y plataformas de observación en línea, en tiempo real y de largo aliento, incorporando el trabajo de la Dirección Meteorológica de Chile, la Dirección General de Aguas, centros de investigación, entre otros.

Periodo de tiempo considerado para implementar las recomendaciones:

**Corto plazo: 0-2 años**

**Mediano plazo: 2-5 años**

**Largo plazo: más de 5 años**

Diseñar un **monitoreo sistemático e integrado** que cubra aspectos ambientales, biológicos y oceanográficos.

(Respuesta a brecha **2**)

Establecer un **panel multidisciplinar de expertos** (académicos y administradores públicos) para la elaboración de un monitoreo sistemático e integrado (frecuencia, áreas y densidad de monitoreo).

Incorporar un **monitoreo de nutrientes**, especialmente en cuerpos de agua intervenidos por actividades antrópicas, que permita el desarrollo de indicadores locales de eutrofización.

Fortalecer el **monitoreo en cuerpos de agua dulce** que dé cuenta de la estructura y funcionamiento de estos sistemas respecto a las FAN, considerando la experiencia internacional y el conocimiento local de las comunidades.

Identificar y definir **áreas prioritarias de monitoreo** (áreas sensibles a las FAN) en base a criterios ambientales (como tiempos de residencia de las aguas, carga productiva del sistema, etc.), biológicos (presencia y abundancia de determinadas especies causantes de FAN) y de vulnerabilidad social (población de la zona, actividades socioeconómicas, etc.), permitiendo orientar estrategias territoriales específicas y locales para reducir la vulnerabilidad y mejorar la gestión del riesgo de FAN en estas zonas.

Fortalecer el **enfoque preventivo** a través de la generación de escenarios climáticos regionales para aquellas variables que favorecen eventos de FAN.

Diseñar **proyectos de intervención social** que integren a las comunidades costeras en los programas de seguimiento/monitoreo de las FAN a partir de sus propias experiencias, saberes y prácticas cotidianas.



## Recomendaciones para Comunicación de riesgo

### “La importancia de comunicar”

Contar con un sistema moderno e integral de información sistematizada y unificada que sea de acceso público.

(Respuesta a brecha **1**)

Fortalecer **plataformas web** y **aplicaciones** que permitan a todo público interesado visualizar de forma continua y actualizada toda la información científica que se genere respecto a las FAN, haciéndolas más dinámicas y mejorando su soporte.

Generación de una **Comisión Interministerial** que co gestione los diferentes tipos de datos relacionados con FAN.

Generación de un **sistema nacional de datos oceanográficos** unificados que incluya FAN.

Implementar un **sistema de alerta con un código** de peligrosidad de fácil lectura para la población general (ejemplo: SMS como en sismos y terremotos).



Periodo de tiempo considerado para implementar las recomendaciones:

- Corto plazo: **0-2 años**
- Mediano plazo: **2-5 años**
- Largo plazo: **más de 5 años**

Fortalecer la difusión y socialización de la información vinculada a FAN, en distintos niveles, con lenguaje orientado a público general que releve mensajes de prevención y respuesta ante emergencias, ampliando la educación socioambiental y generando capacidades locales sobre el tema.

(Respuesta a brecha **2**)

Implementar **capacitaciones a funcionarios** estatales sobre comunicación del riesgo que les permita fortalecer y ampliar sus competencias para informar adecuadamente a la comunidad.

Incrementar los esfuerzos para la **difusión de las acciones** que las instituciones realizan para que la ciudadanía esté más informada respecto a los planes de vigilancia existentes para enfrentar las FAN.

Fomentar **programas de vinculación ciencia-sociedad**, por ejemplo, potenciando los programas Ciencia Pública y Explora, desarrollando literatura especializada para profesores de educación básica y media, y fortaleciendo aspectos tecnológicos en los colegios.

Establecer un **Equipo de Comunicación del Riesgo**, integrando profesionales de educación y de áreas creativas y audiovisuales, que se encargue de diseñar, implementar y evaluar campañas de prevención y preparación para enfrentar las FAN, especialmente en localidades más expuestas o aisladas.



# Referencias

# Referencias

## Introducción

IPCC. (2022) Summary for Policymakers [H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, E.S. Poloczanska, K. Mintenbeck, M. Tignor, A. Alegría, M. Craig, S. Langsdorf, S. Löschke, V. Möller, A. Okem (eds.)]. En: *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability*. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, M. Tignor, E.S. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Craig, S. Langsdorf, S. Löschke, V. Möller, A. Okem, B. Rama (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA, pp. 3–33. doi:10.1017/9781009325844.001.

Instituto de Salud Pública de Chile. (2010). *Informe Programa de Vigilancia de la Marea Roja en Chile MINSAL-ISP-SEREMIS Año 2008*. Ministerio de Salud. <https://www.ispch.cl/sites/default/files/documento/2013/05/INFORME.Programa%20de%20Marea%20Roja2008doc.pdf>

Instituto de Salud Pública de Chile. (2012). *Informe Programa de Vigilancia de Fenómenos Algales Nocivos (FAN) en Chile MINSAL-ISP-SEREMIS Año 2011*. Ministerio de Salud. [https://www.ispch.cl/sites/default/files/documento/2013/05/informe\\_programa\\_marea\\_roja\\_2011\\_2.pdf](https://www.ispch.cl/sites/default/files/documento/2013/05/informe_programa_marea_roja_2011_2.pdf)

Instituto de Salud Pública de Chile. (2022). *Informe de resultados Programa Nacional de Vigilancia y Control de Intoxicaciones por Floraciones Algales Nocivas Chile 2019-2020*. Ministerio de Salud. [https://www.ispch.cl/wp-content/uploads/2022/03/INFORME-Programa-de-Marea-Roja\\_ISP\\_2019-2020\\_v6\\_09-03-2022.pdf](https://www.ispch.cl/wp-content/uploads/2022/03/INFORME-Programa-de-Marea-Roja_ISP_2019-2020_v6_09-03-2022.pdf)

IPCC. (2019). Summary for Policymakers. In: *IPCC Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate* [H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, V. Masson-Delmotte, P. Zhai, M. Tignor, E. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Nicolai, A. Okem, J. Petzold, B. Rama, N.M. Weyer (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA, pp. 3–35. <https://doi.org/10.1017/9781009157964.001>.

Smayda, T. J. (2000). Ecological features of harmful algal blooms in coastal upwelling ecosystems. *South African Journal of Marine Science*, 22, 219-253.

Trainer, V.L., Moore, S.K., Hallegraef, G., Kudela, R. M., Clement, A., Mardones, J. I., & Cochlan, W. P. (2020). Pelagic harmful algal blooms and climate change: Lessons from nature's experiments with extremes. *Harmful Algae*, 91, 101591. doi: 10.1016/j.hal.2019.03.009.

## Capítulo 1

Aguayo, R., León-Muñoz, J., Garreaud, R., & Montecinos, A. (2021). Hydrological droughts in the southern Andes (40–45° S) from an ensemble experiment using CMIP5 and CMIP6 models. *Scientific reports*, 11(1), 1-16. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-84807-4>

Alves de Souza, C., Iriarte, J. L., & Mardones, J. I. (2019). Interannual variability of *Dinophysis acuminata* and *Protoceratium reticulatum* in a Chilean fjord: Insights from the realized niche analysis. *Toxins*, 11(1), 19. doi:10.3390/toxins11010019

Buschman, A., Nilklitschek E. J., & Pereda, S. (2021). Acuicultura y sus impactos en la conservación de la Patagonia chilena. En J. C. Castilla, J. J. Armeseto, & M.J. Martínez-Harms (Eds.), *Conservación en la Patagonia chilena: evaluación del conocimiento, oportunidades y desafíos* (pp. 367-387). Ediciones Universidad Católica de Chile. ISBN 978-956-14-2820-1

Buschmann, A. H., Riquelme, V. A., Hernández-González, M. C., Varela, D., Jiménez, J. E., Henríquez, L. A., Vergara, P. A., Guíñez, R., & Filún, L. (2006). A review of the impacts of salmonid farming on marine coastal ecosystems in the southeast Pacific. *ICES Journal of Marine Science*, 63(7), 1338-1345. doi: 10.1016/j.icesjms.2006.04.021

Cuevas, L. A., Tapia, F. J., Iriarte, J. L., González, H. E., Silva, N., & Vargas, C. A. (2019). Interplay between freshwater discharge and oceanic waters modulates phytoplankton size-structure in fjords and channel systems of the Chilean Patagonia. *Progress in Oceanography*, 173, 103-113. <https://doi.org/10.1016/j.pocean.2019.02.012>

- Crawford, D. W., Montero, P., & Daneri, G. (2021). Blooms of *Alexandrium catenella* in Coastal Waters of Chilean Patagonia: Is Subantarctic Surface Water Involved?. *Frontiers in Marine Science*, 8, 612628. <https://doi.org/10.3389/fmars.2021.612628>
- Díaz, P. A., Pérez-Santos, I., Álvarez, G., Garreaud, R., Pinilla, E., Díaz, M., Sandoval, A., Araya, M., Álvarez, F., Rengel, M., Montero, P., Pizarro, G., López, L., Iriarte, L., Igor, G., & Reguera, B. (2021). Multiscale physical background to an exceptional harmful algal bloom of *Dinophysis acuta* in a fjord system. *Science of The Total Environment*, 773, 145621. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.145621>
- González, H., Nimptsch, J., Giesecke, R., & Silva, N. (2019). Organic matter distribution, composition and its possible fate in the Chilean North-Patagonian estuarine system. *Science of the Total Environment*, 657, 1419–1431. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.11.445>
- Garreaud, R. D. (2018). Record-breaking climate anomalies lead to severe drought and environmental disruption in western Patagonia in 2016. *Climate Research*, 74(3), 217-229. <https://doi.org/10.3354/cr01505>
- Garreaud, R., Lopez P., Minvielle M., & Rojas, M. (2013). Large-scale control on the Patagonian climate. *Journal of Climate*, 26(1), 215-230. doi: 10.1175/JCLI-D-12-00001.1
- Instituto Nacional de Estadísticas. (2018). *Síntesis de resultados CENSO 2017*. <http://www.censo2017.cl/descargas/home/sintesis-de-resultados-censo2017.pdf>
- IPCC. (2021). *Climate Change 2021. The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S.L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M.I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J.B.R. Matthews, T.K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu, and B. Zhou (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 2391 pp. doi:10.1017/9781009157896
- Iriarte, J. L., Pantoja, S., & Daneri, G. (2014). Oceanographic processes in Chilean fjords of Patagonia: from small to large-scale studies. *Progress in Oceanography*, 129, 1-7. <http://dx.doi.org/10.1016/j.pcean.2014.10.004>
- León-Muñoz, J., Urbina, M. A., Garreaud, R., & Iriarte, J. L. (2018). Hydroclimatic conditions trigger record harmful algal bloom in western Patagonia (summer 2016). *Scientific Reports*, 8(1), 1-10. doi: 10.1038/s41598-018-19461-4
- Mardones, J. I., Paredes, J., Godoy, M., Suarez, R., Norambuena, L., Vargas, V., Fuenzalida, G., Pinilla, E., Artal, O., Rojas, X., Dorantes-Aranda, J. J., Lee Chang, J., Anderson, D. M., & Hallegraef, G. M. (2021). Disentangling the environmental processes responsible for the world's largest farmed fish-killing harmful algal bloom: Chile, 2016. *Science of the Total Environment*, 766, 144383. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.144383>
- Pérez, I., Díaz, P. A., Silva, N., Garreaud, R., Montero, P., Henríquez-Castillo, C., Barrera, F., Linford, P., Amaya, C., Contreras, S., Aracena, C., Pinilla, E., Altamirano, R., Vallejos, L., Pavez, J., & Maulen, J. (2021). Oceanography time series reveals annual asynchrony input between oceanic and estuarine waters in Patagonian fjords. *Science of the Total Environment*, 798, 149241. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.149241>
- Quiroz, D. (2020). *Soplan las ballenas: historias de la caza de cetáceos en Chile*. Ediciones Biblioteca Nacional de Chile. ISBN 978-956-244-069-1 (obra completa). [https://www.centrobarrosarana.gob.cl/622/articles-95041\\_archivo\\_01.pdf](https://www.centrobarrosarana.gob.cl/622/articles-95041_archivo_01.pdf)
- Sepúlveda, C., & Lara, M. (2021). *Comunidades y Áreas protegidas de la Patagonia Chilena*. Programa Austral Patagonia. ISBN: 978-956-404-499-6. <https://programaaustralpatagonia.cl/post-libros/comunidades-y-areas-protégidas-de-la-patagonia-chilena/>
- Soto, D., León-Muñoz, J., Garreaud, R., Quiñones, R. A., & Morey, F. (2021). Scientific warnings could help to reduce farmed salmon mortality due to harmful algal blooms. *Marine Policy*, 132, 104705. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2021.104705>
- WWF Chile. (2011). *Plan Estratégico de la Ecorregión Valdiviana*. Valdivia, Chile: WWF.

## Capítulo 2

- Araos, F., Saldívar, J. M., Lazo, A., & Ther-Ríos, F. (2019). Diálogos antropológicos para descifrar la crisis socioambiental en Chiloé. *Cultura-hombre-sociedad*, 29(1), 407-436. <http://dx.doi.org/10.7770/0719-2789.2019.cuhso.02.a07>
- Díaz, P. A., Álvarez, G., Varela, D., Pérez-Santos, I., Díaz, M., Molinet, C., Seguel, M., Aguilera-Belmonte, A., Guzmán, L., Uribe, E., Rengel, J., Hernández, C., Segura, C., & Figueroa, R. I. (2019). Impacts of harmful algal blooms on the aquaculture industry: Chile as a case study. *Perspect. Phycol*, 6(1-2), 39-50. doi:10.1127/pip/2019/0081
- Eichenbaum, M. S., Rebelo, S., Trabandt, M. (2020). The Macroeconomics of Epidemics. *The Review of Financial Studies*, 34(11), 5149-5187. doi:10.1093/rfs/hhab040
- Guzmán, L., Espinoza-Gonzalez, O., Pinilla, E., Besoain, V., Calderón, M.J., Cáceres, J., Iriarte, L., Muñoz, V., Martínez, R., Hernández, C., Tocornal, M.A., & Carbonell, P. (2018). Atmospheric and oceanographic processes on the distribution and abundance of *Alexandrium catenella* in the North of Chilean fjords. En *Eighteenth International Conference on Harmful Algae*. Nantes. Abstract Book, 37. ISBN: 978-87-990827-7-3.
- Mardones, J. I., Holland, D. S., Anderson, L., Le Bihan, V., Gianella, F., Clément, A., ... & Trainer, V. L. (2020). Estimating and Mitigating the Economic Costs of Harmful Algal Blooms on Commercial and Recreational Shellfish Harvesters. *PICES Scientific Report No. (59)*, 66-83.
- Mascareño, A., Cordero, R., Azócar, G., Billi, M., Henríquez, P. A., & Ruz, G. A. (2018). Controversies in social-ecological systems: lessons from a major red tide crisis on Chiloe Island, Chile. *Ecology and Society*, 23(4):15. <https://doi.org/10.5751/ES-10300-230415>
- Ministerio de Salud. (2018). *Enfermedades transmitidas por alimentos en Chile, años 2013 – 2017* (Boletín de brotes Vol. 1 / No. 3). [http://epi.minsal.cl/wp-content/uploads/2018/03/Bolet%C3%ADn\\_Brotes\\_3.pdf](http://epi.minsal.cl/wp-content/uploads/2018/03/Bolet%C3%ADn_Brotes_3.pdf)
- Rivera Belmar, A., Tocornal Ríos, M.A. (2018). HAB in the Aysen region of Chile: a challenge for public health. En *Eighteenth International Conference on Harmful Algae*. Nantes. Abstract Book, 587. ISBN: 978-87-990827-7-3.
- Sunesen, I., Méndez, S. M., Mancera-Pineda, J. E., Botteín, M. Y. D., & Enevoldsen, H. (2021). The Latin America and Caribbean HAB status report based on OBIS and HAEDAT maps and databases. *Harmful Algae*, 102, 101920. <https://doi.org/10.1016/j.hal.2020.101920>

## Capítulo 3

- Aguirre, C., Rojas, M., Garreaud, R. D., & Rahn, D. A. (2019). Role of synoptic activity on projected changes in upwelling-favourable winds at the ocean's eastern boundaries. *npj Clim Atmos Sci*, 2(1), 1-7. <https://doi.org/10.1038/s41612-019-0101-9>
- Boisier, J.P., Alvarez-Garretón, C., Cordero, R.R., Damian, A., Gallardo, L., Garreaud, R.D., ... & Rondanelli, R. (2018) Anthropogenic drying in Central-Southern Chile evidenced by long term observations and climate model simulations. *Elementa: Science of the Anthropocene*, 6, 74. <https://doi.org/10.1525/elementa.328>
- Díaz, P. A., Peréz-Santos, I., Álvarez, G., Garreaud, R., Pinilla, E., Díaz, M., Sandoval, A., Araya, M., Álvarez, F., Rengel, J., Montero, P., Pizarro, G., López, L., Iriarte, L., Igor, G., & Reguera, B. (2021). Multiscale physical background to an exceptional harmful algal bloom of *Dinophysis acuta* in a fjord system. *Science of The Total Environment*, 773, 145621. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.145621>
- Garreaud, R. (2018). Record-breaking climate anomalies lead to severe drought and environmental disruption in Western Patagonia in 2016. *Climate Research*, 74, 217-229. <https://doi.org/10.3354/cr01505>
- León-Muñoz, J., Urbina, M. A., Garreaud, R., & Iriarte, J. L. (2018). Hydroclimatic conditions trigger record harmful algal bloom in western Patagonia (summer 2016). *Scientific Reports*, 8(1), 1-10. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-19461-4>

- Paredes-Mella, J., Varela, D., Fernández, P., & Espinoza-González, O. (2020). Growth performance of *Alexandrium catenella* from the Chilean fjords under different environmental drivers: plasticity as a response to a highly variable environment. *Journal of Plankton Research*, 42(2), 119-134. <https://doi.org/10.1093/plankt/fbaa011>.
- Pinilla, E. (2020). Informe final. *Determinación de las escalas de intercambio de agua en fiordos y canales de la región de Los Lagos y región de Aysén del general Carlos Ibáñez del Campo*. Instituto de Fomento Pesquero. [http://190.151.20.106/exlibris/aleph/a23\\_1/apache\\_media/GRTMPRA-128Q17133LA11RY68VXJ6H.pdf](http://190.151.20.106/exlibris/aleph/a23_1/apache_media/GRTMPRA-128Q17133LA11RY68VXJ6H.pdf)
- ## Capítulo 4
- Fernández C., Rain-Franco A., Rojas C., Molina V. (2020). Ammonium release via dissolution and biological mineralization of food pellets used in salmon farming. *Aquaculture Research*, 51(2), 779-793. <https://doi.org/10.1111/are.14428>
- Gomez-Uchida, D., Sepúlveda, M., Ernst, B., Contador, T. A., Neira, S., & Harrod, C. (2018). Chile's salmon escape demands action. *Science*, 361(6405), 857-858. <https://doi.org/10.1126/science.aau7973>
- Haussermann, V., Forsterra, G., & Laudien, J. (2021). Macrofitos de fondos duros de la Patagonia Chilena. En J. C. Castilla, J. J. Armesto, & M. Martínez-Harms (Eds.), *Conservación en la Patagonia chilena: evaluación del conocimiento, oportunidades y desafíos* (pp. 321-344). Ediciones Universidad Católica de Chile. ISBN: 9561428210, 9789561428218
- IPCC, (2022): Annex I: Glossary [van Diemen, R., J.B.R. Matthews, V. Möller, J.S. Fuglestedt, V. Mason-Delmotte, C. Méndez, A. Reisinger, S. Semenov (eds)]. In IPCC, 2022: *Climate Change 2022: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [P.R. Shukla, J. Skea, R. Slade, A. Al Khourdajie, R. van Diemen, D. McCollum, M. Pathak, S. Some, P. Vyas, R. Fradera, M. Belkacemi, A. Hasija, G. Lisboa, S. Luz, J. Malley, (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA. doi: 10.1017/9781009157926.020
- Molina, V. & Fernandez, C. (2020). Bacterioplankton response to nitrogen and dissolved organic matter produced from salmon mucus. *MicrobiologyOpen*, 9(12), e1132. doi 10.1002/mbo3.1132
- Montero, P., Gutiérrez, M. H., Daneri, G., & Jacob, B. (2021). The Effect of Salmon Food-Derived DOM and Glacial Melting on Activity and Diversity of Free-Living Bacterioplankton in Chilean Patagonian Fjords. *Frontiers in microbiology*, 12. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2021.772900>
- Pérez-Santos, I. (2017). Deep ventilation event during fall and winter 2015 in the Puyuhuapi Fjord (44.6°S). *Latin american journal of aquatic research*, 45(1), 223-227. doi: 10.3856
- Quiñones R.A., Fuentes M.E., Montes R.M., Soto D., & León-Muñoz J. (2019). Environmental issues in Chilean salmon farming: a review. *Reviews in Aquaculture*, 11(2), 375-402. doi.org/10.1016/j.pocean.2019.02.012
- Silva, N., & Vargas, C. (2014). Hypoxia in Chilean Patagonian Fjords. *Progress in Oceanography*, 129, 62-74. <http://dx.doi.org/10.1016/j.pocean.2014.05.016>
- Soto, D. (2022). *Proposal to regulate the maximum production of salmonids in Chilean marine ecosystems, according to their carrying capacity* (Policy Brief No. 11). Interdisciplinary Center for Aquaculture Research. [https://centroincarc.cl/wp-content/uploads/2022/07/PB-11version\\_ingles.pdf](https://centroincarc.cl/wp-content/uploads/2022/07/PB-11version_ingles.pdf)
- Soto, D., Barthey, D. M., & Quiñones, R. A. (2019). Salmon farming in Chile: key ecological and socio-economic issues and challenges for the sustainable development of the sector. *Reviews in Aquaculture*, 11(2), 297-298, doi.org/10.1111/raq.12332
- Soto, D., León-Muñoz, J., Dresdner, J., Luengo, C., Tapia, F. J., & Garreaud, R. (2019). Salmon farming vulnerability to climate change in southern Chile: understanding the biophysical, socioeconomic and governance links. *Reviews in Aquaculture*, 11(2), 354-374. <https://doi.org/10.1111/raq.12336>
- Subsecretaría de pesca y acuicultura. (2020, agosto) *Listado de concesiones de acuicultura de salmónidos por agrupación de concesiones en las regiones X, XI y XII (Agosto 2022)*. Ministerio de Economía, Fomento y Turismo. <https://www.subpesca.cl/portal/619/w3-article-103129.html>
- Urbina, M. A., Cumillaf, J. P., Paschke, K., & Gebauer, P. (2019). Effects of pharmaceuticals used to treat salmon lice on non-target species: Evidence from a systematic review. *Science of The Total Environment*, 649, 1124-1136. doi:10.1016/j.scitotenv.2018.08.334

## Capítulo 5

- Billi, M., Mascareño, A., Henríquez, P. A., Rodríguez, I., Padilla, F., & Ruz, G. A. (2022). Learning from crises? The long and winding road of the salmon industry in Chiloé Island, Chile. *Marine Policy*, 140, 105069. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2022.105069>
- Billi, M., Moraga, P., Aliste, E., Mailliet, A., O’Ryan, R., Sapiains, R., Bórquez, R. et al. (2021). *Gobernanza Climática de los Elementos. Hacia una gobernanza climática del agua, el aire, el fuego y la tierra en Chile, integrada, anticipatoria, socio-ecosistémica y fundada en evidencia*. Centro de Ciencia del Clima y la Resiliencia (CR)2, (ANID/FONDAP/15110009), 69 pp. Disponible en [www.cr2.cl/gobernanza-elementos/](http://www.cr2.cl/gobernanza-elementos/)
- Cruz Sánchez, E. (2017). Retos y perspectivas de la organización social y las acciones colectivas: un análisis desde la perspectiva de la participación ciudadana. En M.E. Alvarado, L. Correa & E. Costilla (Coords.), *Experiencias universitarias de los movimientos sociales y la acción colectiva. Una mirada al pasado y al futuro desde el presente* (pp. 63-81). Universidad Nacional Autónoma de México, Centro de Investigaciones Interdisciplinarias en Ciencias y Humanidades. ISBN-10: 6070289749
- Farías, L. (2022). Tema integrativo: Floraciones Algales Nocivas. Centro de Ciencia del Clima y la Resiliencia (CR)2. <https://www.cr2.cl/tema-integrativo-floraciones-algales-nocivas/>
- Marín, A., Lizana, G., Valdivieso, D., Díaz, P. (2022). Red Tide Adaptation and Response Network (REAR-MAR): bridging local, scientific and policy knowledge for small-scale benthic fisheries in the northern Chilean Patagonia. *Harmful Algae News*, 70, 10-11. <https://doi.org/10.5281/zenodo.6782709>
- Perreault, T. (2016). ¿Un tipo de gobernanza para un tipo de equidad? Hacia una teorización de la justicia en la gobernanza hídrica. En B. Duarte, C. Yacoub, & J. Hoogesteger (Eds.), *Gobernanza del agua: una mirada desde la ecología política y la justicia hídrica* (Agua y Sociedad, 24, Serie Justicia Hídrica, pp. 27-48). Justicia Hídrica, Abya Yala. ISBN Pdf: 9789942095466. Disponible en: <https://www.digitaliapublishing.com/a/58967/gobernanza-del-agua-una-mirada-desde-la-ecologia-politica-y-la-justicia-hidrica>

## Capítulo 6

- Aguilar, L. (2021). *La igualdad de género ante el cambio climático: ¿qué pueden hacer los mecanismos para el adelanto de las mujeres de América Latina y el Caribe?*. Comisión Económica para América Latina (Cepal). <https://repositorio.cepal.org/handle/11362/46996>
- Anderson, C. R., Berdalet, E., Kudela, R. M., Cusack, C. K., Silke, J., O’Rourke, E., Dugan, D., McCammon, M., Newton, J. A., Moore, S. K., Paige, K., Ruberg, S., Morrison, J. R., Kirkpatrick, B., Hubbard, K., & Morell, J. (2019). Scaling up from regional case studies to a global harmful algal bloom observing system. *Frontiers in Marine Science*, 6, 250. <https://doi.org/10.3389/fmars.2019.00250>
- Borja, A., White, M. P., Berdalet, E., Bock, N., Eatock, C., Kristensen, P., Leonard, A., Lloret, J., Pahl, S., Parga, M., Prieto, J. V., Wuijts, S., & Fleming, L. E. (2020). Moving Toward an Agenda on Ocean Health and Human Health in Europe. *Frontiers in Marine Science*, 7, 37. <https://doi.org/10.3389/fmars.2020.00037>
- Cuellar-Martinez, T., Ruiz-Fernández, A. C., Alonso-Hernández, C., Amaya-Monterrosa, O., Quintanilla, R., Carrillo-Ovalle, H. L., Arbeláez, M. N., Díaz-Asencio, L., Méndez, S. M., Vargas, M., Chow-Wong, N. F., Valerio-Gonzalez, L. R., Enevoldsen, H., & Dechraoui Bottein, M. Y. (2018). Addressing the Problem of Harmful Algal Blooms in Latin America and the Caribbean- A Regional Network for Early Warning and Response. *Frontiers in Marine Science*, 5, 409. doi: 10.3389/fmars.2018.00409
- Das, P. (2014). Women’s participation in community-level water governance in urban India: The gap between motivation and ability. *World Development*, 64, 206-218. <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2014.05.025>
- Glibert, P. (2020). Harmful algae at the complex nexus of eutrophication and climate change. *Harmful Algae*, 91, 1–15. <https://doi.org/10.1016/j.hal.2019.03.001>
- Gokul, E.A., Raitos, D., Gittings, J., & Hoteit, I. (2020). Developing an Atlas of Harmful Algal Blooms in the Red Sea: Linkages to Local Aquaculture. *Remote Sensing*, 12(22), 3695. <https://doi.org/10.3390/rs12223695>

- Harley, J., Lanphier, K., Kennedy, E., Leighfield, T., Bidlack, A., Gribble, M., & Whitehead, C. (2020). The Southeast Alaska Tribal Ocean Research (SEA-TOR) Partnership: Addressing Data Gaps in Harmful Algal Bloom Monitoring and Shellfish Safety in Southeast Alaska. *Toxins*, 12(407). doi:10.3390/toxins12060407
- Harmful Algae Event Database [HAEDAT]. (2018). *What is the Harmful Algal Event Database?*. <http://haedat.iode.org>
- International Joint Commission. (2012). *Great Lakes Water Quality Agreement—Protocol Amending the Agreement Between Canada and the United States of America on Great Lakes Water Quality, 1978, as Amended on October 16, 1983 and on November 18, 1987*. [https://www.ijc.org/sites/default/files/2018-07/GLWOA\\_2012.pdf](https://www.ijc.org/sites/default/files/2018-07/GLWOA_2012.pdf)
- Kimura, F., Morinaga, A., Fukushima, M., Ishiguro, T., Sato, Y., Sakaguchi, A., Kawashita, T., Yamamoto, I., & Kobayashi, T. (2019). Early Detection System of Harmful Algal Bloom Using Drones and Water Sample Image Recognition. *Sensors and Materials*, 31(12), 4155–4171. <https://doi.org/10.18494/SAM.2019.2417>
- Lee, S., & Lee, D. (2018). Improved Prediction of Harmful Algal Blooms in Four Major South Korea's Rivers Using Deep Learning Models. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 15, 1–15. <https://doi.org/doi:10.3390/ijerph15071322>
- Lee, D., Irwin, L., Sutton-Grier, A., Lafond, K., Loeffler, C., Lorenzoni, L., Bricker, S., Dortch, Q., Lewitus, A., Liptaker, W., Magnien, R., Ramsdell, J., Meckley, T., Ziegler, T., & Deliman, P. (2017). *Harmful algal blooms and hypoxia in the great Lakes Research Plan and Action Strategy: An Interagency Report* (pp. 1–103). National Science and Technology Council.
- Marraro, P., McMahon, K., Polk, C., Chernoff, N., de la Cruz, A., Darling, J., ... & Simons, C. (2016). *Harmful Algal Blooms and Hypoxia Comprehensive Research Plan and Action Strategy: An Interagency Report* (pp. 1–94). National Science and Technology Council Subcommittee on Ocean Science and Technology.
- Moore, K., Allison, E., Dreyer, S., Ekstrom, J., Jardine, S., Klinger, T., Moore, S. K., & Norman, K. (2020). Harmful Algal Blooms: Identifying Effective Adaptive Actions Used in Fishery-Dependent Communities in Response to a Protracted Event. *Frontiers in Marine Science*, 6, 803. <https://doi.org/10.3389/fmars.2019.00803>
- ONU. (2020). Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos 2020: Agua y cambio climático, datos y cifras. ISBN: 978-92-3-300136-7. [https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000372876\\_spa](https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000372876_spa)
- Paerl, H., Otten, T., & Kudela, R. (2018). Mitigating the Expansion of Harmful Algal Blooms Across the Freshwater-to-Marine Continuum. *Environmental Science & Technology*, 52, 5519–5529. <https://doi.org/10.1021/acs.est.7b05950>
- Paerl, H., Havens, K., Hall, N., Otten, T., Zhu, M., Xu, H., Zhu, G., & Qin, B. (2019). Mitigating a global expansion of toxic cyanobacterial blooms: Confounding effects and challenges posed by climate change. *Marine and Freshwater Research*, 71, 579–592. <https://doi.org/10.1071/MF18392>
- RAMOGE. (n.d.). *RAMOGE Agreement: More Than 40 Years of Co-Operation to Preserve The Mediterranean Sea*. Secretariat of the RAMOGE Agreement.
- Sanseverino, I., Conduto, D., Pozzoli, L., Dobricic, S., & Lettieri, T. (2016). *Algal bloom and its economic impact* (JRC Technical reports). European Commission, Joint Research Centre Institute for Environment and Sustainability. doi:10.2788/660478
- Smith, M., & Bernard, S. (2020). Satellite Ocean Color Based Harmful Algal Bloom Indicators for Aquaculture Decision Support in the Southern Benguela. *Frontiers in Marine Science*, 7. <https://doi.org/10.3389/fmars.2020.00061>
- Tian, Y., & Huang, M. (2019). An Integrated Web-Based System for the Monitoring and Forecasting of Coastal Harmful Algae Blooms: Application to Shenzhen City, China. *Journal of Marine Science and Engineering*, 7(314), 1–17. <https://doi.org/doi:10.3390/jmse7090314>

United States Agency for International Development [USAID]. (n.d). *Evaluation Brief: SERVIR Products and Tools: Ocean Algal Bloom Monitoring for Mesoamerica*. USAID.

Young, R., Nelson, P., Northey, B., Taylor, L., Kline, Jr., K., Flood, R., Rikard, G., ... & Youngstrom, G. (2015). *Mississippi River/Gulf of Mexico Watershed Nutrient Task Force. 2015 Report to Congress*. Environmental Protection Agency. [https://www.epa.gov/sites/default/files/2015-10/documents/htf\\_report\\_to\\_congress\\_final\\_-\\_10.1.15.pdf](https://www.epa.gov/sites/default/files/2015-10/documents/htf_report_to_congress_final_-_10.1.15.pdf)

## Capítulo 7

Instituto de Salud Pública de Chile. (2010). *Informe Programa de Vigilancia de la Marea Roja en Chile MINSAL-ISP-SEREMIS Año 2008*. Ministerio de Salud. <https://www.ispch.cl/sites/default/files/documento/2013/05/INFORME.Programa%20de%20Marea%20Roja2008doc.pdf>

Instituto de Salud Pública de Chile. (2012). *Informe Programa de Vigilancia de Fenómenos Algales Nocivos (FAN) en Chile MINSAL-ISP-SEREMIS Año 2011*. Ministerio de Salud. [https://www.ispch.cl/sites/default/files/documento/2013/05/informe\\_programa\\_marea\\_roja\\_2011\\_2.pdf](https://www.ispch.cl/sites/default/files/documento/2013/05/informe_programa_marea_roja_2011_2.pdf)

Instituto de Salud Pública de Chile. (2022). *Informe de resultados Programa Nacional de Vigilancia y Control de Intoxicaciones por Floraciones Algales Nocivas Chile 2019-2020*. Ministerio de Salud. [https://www.ispch.cl/wp-content/uploads/2022/03/INFORME-Programa-de-Marea-Roja\\_ISP\\_2019-2020\\_v6\\_09-03-2022.pdf](https://www.ispch.cl/wp-content/uploads/2022/03/INFORME-Programa-de-Marea-Roja_ISP_2019-2020_v6_09-03-2022.pdf)

## Capítulo 8

Billi, M., Moraga, P., Aliste, E.,Maillet, A., O’Ryan, R., Sapiains., R., Bórquez, R. et al. (2021). *Gobernanza Climática de los Elementos. Hacia una gobernanza climática del Agua, el Aire, el Fuego y la Tierra en Chile, integrada, anticipatoria, socio-ecosistémica y fundada en evidencia*. Centro de Ciencia del Clima y la Resiliencia (CR)2, (ANID/ FONDAP/15110009), 69 pp. Disponible en [www.cr2.cl/gobernanza-elementos/](http://www.cr2.cl/gobernanza-elementos/)

Correa, A. M. (2019). La buena administración como principio jurídico: una aproximación conceptual. *Derechos En Acción*, 10(10), 247. <https://doi.org/10.24215/25251678e247>

Espinoza, I.L. (2020). La buena administración como regla de adaptabilidad ante el cambio climático. *Revista de Derecho Ambiental*, 13, 145–162. <https://doi.org/10.5354/0719-4633.2020.54169>

## Glosario

Aldunce, P. (2019). *Transformación: Grandes desafíos - Profundos cambios*. Centro de Ciencias del Clima y la Resiliencia (CR)2. <https://www.cr2.cl/wp-content/uploads/2020/07/transformacion-2019.pdf>

Aldunce, P., Rojas, M., Guevara, G., Álvarez, C., Billi, M., Ibarra, C. y Sapiains, R. (2021). *Enfoque Transformación: Adaptación*. Centro de Ciencia del Clima y la Resiliencia, (CR)2. [https://www.cr2.cl/wp-content/uploads/2021/10/transformacion\\_adaptacion.pdf](https://www.cr2.cl/wp-content/uploads/2021/10/transformacion_adaptacion.pdf)

Billi, M., Moraga, P., Aliste, E.,Maillet, A., O’Ryan, R., Sapiains., R., Bórquez, R. et al. (2021). *Gobernanza Climática de los Elementos. Hacia una gobernanza climática del Agua, el Aire, el Fuego y la Tierra en Chile, integrada, anticipatoria, socio-ecosistémica y fundada en evidencia*. Centro de Ciencia del Clima y la Resiliencia (CR)2, (ANID/ FONDAP/15110009), 69 pp. Disponible en [www.cr2.cl/gobernanza-elementos/](http://www.cr2.cl/gobernanza-elementos/)

Delacámara, G. (2008). *Análisis económico de externalidades ambientales*. Guía para decisores. CEPAL. [https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/3624/S2008426\\_es.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/3624/S2008426_es.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

FAO. (n.d.-a). *Acuicultura*. <https://www.fao.org/fishery/es/aquaculture>

FAO (n.d.-b). *Segunda parte. Biología básica de los bivalvos: taxonomía, anatomía y ciclo vital*. <https://www.fao.org/3/y5720s/y5720s06.htm>

Fazey, I., Schöpke, N., Caniglia, G., Patterson, J., Hultman, J., Van Mierlo, B., ... & Wyborn, C. (2018). Ten essentials for action-oriented and second order energy transitions, transformations and climate change research. *Energy Research & Social Science*, 40, 54-70. doi.org/10.1016/j.erss.2017.11.026

- Gordillo, G., & Méndez, J. (2013). *Seguridad y Soberanía Alimentaria* (documento base para discusión). Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura FAO. <https://www.fao.org/3/ax736s/ax736s.pdf>
- IPCC (2014). *Cambio climático 2014: Informe de síntesis. Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático* [Equipo principal de redacción, R.K. Pachauri y L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Ginebra, Suiza, 157 págs. ISBN 978-92-9169-343-6
- IPCC. (2018). *Global Warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty* [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, H.-O. Pörtner, D. Roberts, J. Skea, P.R. Shukla, A. Pirani, W. Moufouma-Okia, C. Péan, R. Pidcock, S. Connors, J.B.R. Matthews, Y. Chen, X. Zhou, M.I. Gomis, E. Lonnoy, T. Maycock, M. Tignor, and T. Waterfield (eds.)].
- IPCC. (2022). Annex II: Glossary [Möller, V., R. van Dieën, J.B.R. Matthews, C. Méndez, S. Semenov, J.S. Fuglestedt, A. Reisinger (eds.)]. En *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, M. Tignor, E.S. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Craig, S. Langsdorf, S. Löschke, V. Möller, A. Okem, B. Rama (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA, pp. 2897–2930, doi:10.1017/9781009325844.02
- Moser, S., Aldunce, P., Rudnick, A., Rojas, M. & Muñoz, L. (2019). *Transformation from science to decision making*. 3p.
- Ostrom, E. (2009). A general framework for analyzing sustainability of social-ecological systems. *Science*, 325(5939), 419-422. doi: 10.1126/science.1172133. <https://www.cr2.cl/eng/wp-content/uploads/2020/07/Moser-et-al-2019-Policy-Brief-Transformation.pdf>
- Zurbriggen, C. (2011). Gobernanza: una mirada desde América Latina. *Perfiles latinoamericanos*, 19(38), 39-64. ISSN 0188-7653. [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0188-76532011000200002&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-76532011000200002&lng=es&tlng=es).

# Glosario

## Introducción

**Acuicultura:** Es el cultivo de organismos acuáticos, es decir, de peces, moluscos, crustáceos y plantas acuáticas, que supone alguna forma de intervención en el proceso de cría para aumentar la producción (FAO, n.d.-a).

**Bivalvos:** Animales pertenecientes al filo Mollusca cuyas partes blandas del cuerpo están completa o parcialmente recubiertas por una concha formada por dos valvas unidas por una articulación (charnela) (FAO, n.d.-b).

**Fitoplancton:** Conjunto de microorganismos o microalgas que viven de forma dispersa en el océano. Estos microorganismos constituyen la base de la cadena alimenticia de los océanos.

**Gobernanza climática transformativa:** Sistema de interacción entre sectores sociales, instituciones, normas y procesos, orientados a la toma de decisiones públicas para la definición e implementación de objetivos y estrategias, considerando el cuidado del medio ambiente e incorporando los desafíos que plantea el cambio climático, la mitigación de sus causas y la adaptación de sus efectos (Zurbriggen, 2011).

**Resiliencia:** Capacidad de los sistemas sociales, económicos y ambientales de afrontar un fenómeno, tendencia o perturbación peligrosa, respondiendo o reorganizándose de modo que mantengan su función esencial, su identidad y estructura, y conserven, al mismo tiempo, su capacidad de adaptación, aprendizaje y transformación (IPCC, 2014).

**Transformación:** cambio en los atributos fundamentales de sistemas naturales y humanos (IPCC, 2022). Conjunto amplio y muchas veces irreversible de cambios que implican una profunda innovación en los ámbitos económicos, tecnológicos y sociales. Cambios en la forma de pensar, toma de decisiones, acciones, comportamiento, estructuras de poder, sistemas de gobernanza, valores, objetivos predefinidos, forma en que se

utiliza y produce la energía, infraestructura y gestión de los recursos naturales (Aldunce 2019; IPPC, 2022; Fazey et al., 2018)

**Sistema socioecológico:** Entramado de relaciones ecológicas y sociales (actividades humanas) en torno a los recursos necesarios para el sostenimiento de la vida en el planeta (Ostrom, 2009). El componente ambiental y el componente social están interconectados, no son aspectos separados.

## Capítulo 1

**Ecorregión:** Unidad ecosistémica que abarca una extensa área biogeográfica delimitada por particulares características ecológicas, climáticas, hidrológicas, geológicas y oceanográficas, junto con una composición de especies relativamente homogénea y claramente diferenciada a la de otras zonas adyacentes.

**Circulación estuarina:** Sistema de circulación caracterizado por presentar una estructura de doble capa, con una capa superficial de agua dulce procedente de los ríos que fluye hacia la boca del estuario y una segunda capa más profunda de agua oceánica salada más densa que se dirige en sentido contrario desde el océano hacia el interior del estuario.

**Crisis socioambiental:** Es cuando se amenazan las variables que componen la relación sociedad-naturaleza, produciendo escenarios de conflicto, impacto o daño.

**Diatomeas:** Grupo de microorganismos o microalgas unicelulares que forma parte del fitoplancton. Se caracterizan por presentar una pared de sílice y ser capaces de formar colonias.

**Dinoflagelados:** Grupo de microorganismos o microalgas unicelulares que forma parte del fitoplancton, y cuyo rasgo más característico es la presencia de una estructura llamada flagelo que le permite moverse en la columna de agua.

**Escorrentía:** Agua de lluvia o del derretimiento de la nieve/hielo que discurre libremente por la superficie de la tierra sin infiltrarse en el suelo pudiendo llegar a la zona costera.

**Desarrollo sostenible:** Se refiere a la búsqueda de un avance social y económico que asegure a los seres humanos una vida sana y productiva que mejore la calidad de vida, salud, educación y cultura de todas las personas, pero que no comprometa la capacidad de las generaciones futuras de satisfacer sus propias necesidades.

**Desarrollo sustentable:** Es hacer un uso correcto de los recursos actuales sin comprometer los de las generaciones futuras. Esto significa que los procesos sustentables preservan, protegen y conservan los recursos naturales actuales y futuros.

**Productividad biológica:** es la producción de biomasa por unidad de tiempo y área. Respecto del fitoplancton, que es lo central para este informe, hace referencia al conjunto de procesos que se dan en el océano referidos a la producción primaria generada principalmente a través de la fotosíntesis. Esta productividad es fundamental para la dinámica de los ecosistemas, ya que el fitoplancton constituye la base de las redes alimenticias.

## Capítulo 2

**Soberanía alimentaria:** Se refiere a un sistema de alimentos en el cual quienes los consumen también controlan los mecanismos para su producción y distribución. Coloca en el centro la alimentación de las personas por sobre el comercio, promueve modos de vida sostenibles, busca reducir las distancias entre productores y consumidores, valora los conocimientos tradicionales y es compatible con la naturaleza (Gordillo & Méndez, 2013).

## Capítulo 3

**Anticiclón migratorio:** Sistema de alta presión atmosférica en regiones subtropicales, y de latitudes medias y altas. En el hemisferio sur induce circulación del viento en sentido contrario a las agujas del reloj.

**Biomasa de fitoplancton:** Referido a la masa o cantidad de microorganismos que constituyen el fitoplancton registrado en un área y un momento determinado.

**Capa fótica:** Es la capa superior del océano (de profundidad variable) en la que penetra hasta un 1 % de la luz del sol o radiación solar, lo que es suficiente para permitir la fotosíntesis llevada a cabo por el fitoplancton.

**Cinturón de vientos del oeste:** Vientos intensos predominantes en latitudes medias de ambos hemisferios (entre 40 y 60° S). Determinan el clima y la dinámica atmosférica de estas regiones.

**Estratificación:** Es cuando la columna de agua presenta diferencias de densidad entre la capa superior iluminada por el sol y las capas subsuperficiales. El océano tiene una estratificación estable, con las capas más densas cerca del fondo y las menos densas en la superficie.

**Fotosíntesis:** Proceso químico que se produce en las plantas, por ejemplo, en las microalgas como el fitoplancton, cuando se exponen a la luz del sol. Durante la fotosíntesis, el agua y el dióxido de carbono se combinan para formar carbohidratos (azúcares) y se desprende oxígeno.

**Oscilación de Madden-Julian (MJO):** Modo de variabilidad climática de origen tropical que se expresa en el desarrollo y supresión de tormentas sobre amplias regiones del trópico; estas anomalías de precipitación se desplazan hacia el Este y completan un ciclo alrededor del globo en un periodo típico de entre 30 y 90 días. El ascenso de aire asociado a las regiones con tormentas puede desencadenar patrones de circulación atmosférica de gran escala, cuyos impactos pueden alcanzar regiones extratropicales. Un ejemplo de ello se manifiesta en la ocurrencia de olas de calor en la Patagonia, que son favorecidas o desfavorecidas por condiciones específicas y opuestas de la MJO.

**Nutrientes:** Los nutrientes son elementos o compuestos químicos que un organismo necesita para su metabolismo y lo obtiene del medio en el que vive. Por ejemplo, el fitoplancton requiere hierro, nitrógeno y fósforo entre otros elementos esenciales para su crecimiento.

**Mezcla vertical:** Proceso de mezcla en el agua con movimientos verticales que se producen, por ejemplo, como resultado de las diferencias de temperatura entre las capas de agua.

**Sistema frontal:** circulación de la atmósfera asociada al encuentro de masas de aire de distintas características. Se denominan así las perturbaciones atmosféricas en torno a un centro de baja presión atmosférica a nivel del mar que, generalmente, inducen el desarrollo de fuertes vientos, tormentas que desencadenan precipi-

tación, y cambios notorios en la temperatura y humedad relativa.

**Tiempos de residencia:** Corresponde a la edad del agua para cuantificar las condiciones dinámicas generales de un sistema marino.

## Capítulo 4

**Áreas Marinas Protegidas (AMP):** Son áreas delimitadas y definidas geográficamente cuya administración y regulación permiten alcanzar objetivos específicos de conservación o preservación.

**Áreas de Manejo y Explotación de Recursos Bentónicos (AMERB):** Zona geográfica delimitada y entregada por el Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura a una o más organizaciones de pescadores artesanales para la ejecución de un proyecto de manejo y explotación de recursos bentónicos.

**Capacidad adaptativa:** Capacidad de los sistemas, las instituciones, los seres humanos y otros organismos para adaptarse ante posibles daños, aprovechar las oportunidades o afrontar las consecuencias.

**Salmonicultura:** Rama de la acuicultura enfocada al cultivo de peces de la familia Salmonidae (p. ej.: salmón del Atlántico, salmón del Pacífico) en el océano.

**Sensibilidad:** El grado al que un sistema o especie se ve afectado, sea de manera negativa o positiva, por la variabilidad natural o el cambio climático.

**Percepción del riesgo:** Criterio subjetivo que tienen las personas sobre las características y la gravedad de los riesgos.

**Espacios Costeros Marinos de los Pueblos Originarios (ECMPO):** Son 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 Conadi.

**Razón N:P:** Indicador de la cantidad de nutrientes en el medio marino, en este caso de nutrientes inorgánicos asociados al nitrógeno (N) y el fósforo (P).

**Razón N:Si:** Indicador de la cantidad de nutrientes en el medio marino, en este caso de nutrientes inorgánicos asociados al nitrógeno (N) y el silicato (Si).

**Nitrógeno orgánico particulado (NOP):** Partículas de nitrógeno orgánico con tamaños de poro entre 0.2 y 1.0 micrómetro.

**Nitrógeno orgánico disuelto (NOD):** Concentración de nitrógeno orgánico que permanece en una muestra de agua de mar después de que todo el nitrógeno particulado ha sido eliminado mediante filtración. Incluye compuestos como aminoácidos, urea, hidroxilamina y amidas.

**Capacidad de carga:** Se refiere al potencial de producción máxima de una especie que el ambiente puede sustentar indefinidamente en relación con el alimento, hábitat, agua (oxígeno) y otras necesidades disponibles.

**Wellboat:** Embarcaciones dedicadas al transporte de peces vivos. Es uno de los servicios más demandados por la industria chilena del salmón. Trasladan salmónes jóvenes (smolts) y mayores de gran tamaño (cosecha), recorriendo los fiordos y canales del sur. Frecuentemente, estas embarcaciones han sido señaladas como responsables de trasladar FAN desde zonas contaminadas a áreas libres de toxinas, cuando no cumplen con las normativas (como circular con sus compuertas cerradas en las zonas donde hay marea roja) o no tienen tecnologías de punta incorporadas. Al respecto, desde algunas empresas de transporte se señala que se está avanzando en el desarrollo de nuevas tecnologías para neutralizar el 100 % de las algas (<https://www.aqua.cl/informes-tecnicos/chile-wellboats-multi proposito/>)

## Capítulo 5

**Decreto:** Orden escrita que dicta el Presidente de la República o un Ministro (por orden del Presidente de la República), sobre asuntos propios de su competencia.

**Externalidades socioambientales:** Efectos externos o costes que surgen como resultado de nuestras decisiones sobre cómo habitar el planeta (por ejemplo, aumento en la morbilidad como resultado de la contaminación atmosférica), o también beneficios de estas decisiones (como el aumento de ciertas especies en zonas declaradas bajo protección). Muchas veces estos

efectos son difíciles de valorar monetariamente, lo que obstaculiza su análisis económico cuando se preparan políticas públicas (Delacámara, 2008).

**Resoluciones:** Normativas que dictan las autoridades administrativas dotadas de poder de decisión (Billi et al., 2021).

## Capítulo 6

**Acción de protección:** (Recurso o acción de protección): El Recurso de Protección es una acción cautelar cuyo objetivo consiste en proteger derechos fundamentales frente a privaciones, perturbaciones o amenazas, respecto de los derechos específicos y conforme a lo establecido en el artículo 20 de la Constitución Política de la República de Chile. En el caso del derecho a vivir en un medio ambiente libre de contaminación (Art. 19 N° 8 de la Constitución), se establece que el recurso procede cuando sea afectado por un acto u omisión imputable a una persona o autoridad determinada.

**Adaptación al cambio climático:** Proceso de ajuste al clima real o proyectado y sus efectos. En los sistemas humanos, la adaptación trata de moderar los daños o aprovechar las oportunidades beneficiosas (IPCC, 2018) y la integridad de un sistema o proceso a una escala determinada. En algunos casos, la adaptación gradual puede culminar en una adaptación transformacional (adaptado de IPCC, 2018 y Aldunce et al., 2021).

**Acciones transformativas potencialmente positivas:** Transformación en la que la sociedad se ajusta y adapta actuando rápidamente para evitar la profundización de la vulnerabilidad e impactos, o acción de transformación caracterizada por una disminución de las emisiones de gases de efecto invernadero y una acelerada sostenibilidad para los sistemas naturales y humanos (adaptado de Moser et al., 2019 y Aldunce et al., 2021).

**Respuestas de adaptación ante FAN:** Acciones orientadas a enfrentar los impactos de FAN o aprender de las oportunidades que esta problemática abre.

**Respuestas normativas:** Dictación de normas a nivel legal, reglamentario o mediante otro tipo de acto administrativo, cuyo proceso de elaboración está directamente relacionado con una situación o problemática que se pretende regular, ya sea mediante la creación de nueva normativa o bien la modificación de normas vigentes.

**Respuestas fiscalizadoras:** Actividad de fiscalización efectiva de los organismos con competencia ambiental, sanitaria o en materia pesquera-acuícola, ante la ocurrencia de eventos o contingencias asociadas a eventuales acciones u omisiones de los sujetos fiscalizados.

**Respuestas sancionatorias:** Acciones de organismos públicos con competencia ambiental o sectorial pertinente, y con potestades sancionatorias, ejercidas sobre sujetos infractores, mediante el inicio de un procedimiento administrativo sancionador o el establecimiento de medidas provisionales.



INFORME A LAS NACIONES

## “Marea roja” y cambio global:

Elementos para la construcción de una gobernanza integrada de las Floraciones de Algas Nocivas (FAN)



 [www.cr2.cl](http://www.cr2.cl)

 [@cr2\\_uchile](https://twitter.com/cr2_uchile)

 [@cr2uchile](https://www.facebook.com/cr2uchile)

 [@cr2.uchile](https://www.instagram.com/cr2.uchile)

 [/cr2-ciencia](https://www.linkedin.com/company/cr2-ciencia)

 [/PrensaCR2](https://www.youtube.com/channel/UC...)

 [comunicaciones.cr2@dgf.uchile.cl](mailto:comunicaciones.cr2@dgf.uchile.cl)

 (+562) 2978 4446

 Blanco Encalada 2002, 4to piso. FCFM - Universidad de Chile

