

INFORME A LAS NACIONES

Incendios en Chile: causas, impactos y resiliencia

(CR)² | Center for Climate
and Resilience Research
www.CR2.cl



UNIVERSIDAD
DE CHILE

PATROCINA



UNIVERSIDAD
DE CONCEPCIÓN

INSTITUCIONES ASOCIADAS



UNIVERSIDAD
AUSTRAL DE CHILE



CONICYT

FINANCIA



Contenido

i	Incendios forestales en Chile y la necesidad de avanzar hacia paisajes más resilientes	3
1	Sección 1 Cambio en el régimen de incendios en Chile	
	Capítulo 1: Patrones espaciales y temporales de los incendios	7
	Capítulo 2: Megaincendios en Chile	11
2	Sección 2 Factores asociados al cambio en el régimen de incendios	
	Capítulo 3: La interfaz urbano-rural y el riesgo de incendios forestales.....	15
	Capítulo 4: Principales causas de los incendios en Chile.....	19
	Capítulo 5: Clima e incendios.....	23
	Capítulo 6: Incendios forestales y cambio de uso del suelo.....	27
	Capítulo 7: Plantas exóticas y cambios en el régimen de incendios.....	31
3	Sección 3 Principales impactos de los incendios	
	Capítulo 8: Emisiones de CO ₂ asociadas a los megaincendios forestales en Chile durante 2017.....	35
	Capítulo 9: Impactos en la biodiversidad en la zona mediterránea de Chile.....	39
	Capítulo 10: Impactos económicos de los incendios forestales en Chile	43
4	Sección 4 El rostro humano de los incendios y la respuesta institucional	
	Capítulo 11: Impactos psicológicos y comunitarios.....	47
	Capítulo 12: Percepciones, respuestas y resiliencia de la comunidad	51
	Capítulo 13: El marco normativo en materia de incendios: entre la emergencia y la sectorialización.....	55
M	Megaincendios de 2017: eventos extremos en múltiples dimensiones y escalas	58
S	Síntesis y recomendaciones	70
R	Referencias	76
G	Glosario	80

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

El (CR)2 es un centro de excelencia financiado por el programa FONDAP de CONICYT (Proyecto 15110009) en el cual participan cerca de 60 científicos asociados a la Universidad de Chile, la Universidad de Concepción y la Universidad Austral de Chile.

La versión electrónica de este documento está disponible en el sitio web www.cr2.cl/incendios

Coordinación general:

Mauro E. González

Edición general:

Camila Álvarez-Garretón, Gustavo Blanco, José Barraza, Mauro E. González

Colaboración:

Bárbara Morales y Andrea Rudnick

Diseño:

M. Giselle Ogaz

Fotografías:

©Luis Barriga (www.latitudpress.cl) Páginas 11, 19, 47, 48, 51, 58, 59, 62, 66

©Alejandro Olivares (www.alejandroolivares.com) Portada, páginas 4, 7, 15, 22, 23, 31, 43, 53, 55, 70

©Shutterstock (www.shutterstock.com) Páginas 5, 35, 36, 37, 39

©Twenty20 (www.twenty20.com) Página 26

©Fernando Ojeda. Página 27

©Municipalidad de Cochrane. Página 69

La presente publicación debe citarse como:

González, M.E., Sapiains, R., Gómez-González, S., Garreaud, R., Miranda, A., Galleguillos, M., Jacques, M., Pauchard, A., Hoyos, J., Cordero, L., Vásquez, F., Lara, A., Aldunce, P., Delgado, V., Arriagada, Ugarte, A.M., Sepúlveda, A., Farías, L., García, R., Rondanelli, R.,J., Ponce, R.,Vargas, F., Rojas, M., Boisier, J.P., C., Carrasco, Little, C., Osses, M., Zamorano, C., Díaz-Hormazábal, I., Ceballos, A., Guerra, E., Moncada, M., Castillo, I. 2020. Incendios forestales en Chile: causas, impactos y resiliencia. Centro de Ciencia del Clima y la Resiliencia (CR)2, Universidad de Chile, Universidad de Concepción y Universidad Austral de Chile.

Incendios forestales en Chile y la necesidad de avanzar hacia paisajes más resilientes

Incendios forestales en Chile y la necesidad de avanzar hacia paisajes más resilientes

Durante las últimas dos décadas, incendios extremadamente destructivos y difíciles de controlar han impactado la región centro-sur de Chile, lo que ha generado graves impactos sociales, económicos y ambientales. Distintos estudios indican que la actividad humana y los cambios en el uso del suelo afectan la magnitud de los incendios, con claras evidencias de ser exacerbados, además, por el cambio climático. La prolongada y extensa sequía de la última década, acompañada por intensas olas de calor, han contribuido al secamiento y/o mortalidad de la vegetación, alargamiento de la temporada de incendios, y una mayor incidencia de condiciones climáticas proclives a incendios extremos y destructivos.

Desde 2010, los incendios de gran magnitud –denominados “eventos de incendios extremos” o “megaincendios”– han incrementado en frecuencia y área quemada, resultando en costos para extinguirlos, pérdida de infraestructura, daño medioambiental y pérdida de vidas humanas sin precedentes. En el caso de los megaincendios del verano 2017, los costos de su extinción -sin incluir los costos económicos producto de pérdidas productivas y de provisión de servicios ecosistémicos- alcanzaron más de USD 350 millones, la mayor cifra que ha tenido el país para hacer frente a este tipo de desastres. Por otra parte, la cantidad emitida de dióxido de carbono (CO₂) durante este megaincendio alcanzó aproximadamente 100 millones de toneladas de CO₂eq, que equivalen a un 90% del total de emisiones nacionales de CO₂ durante el año 2016.

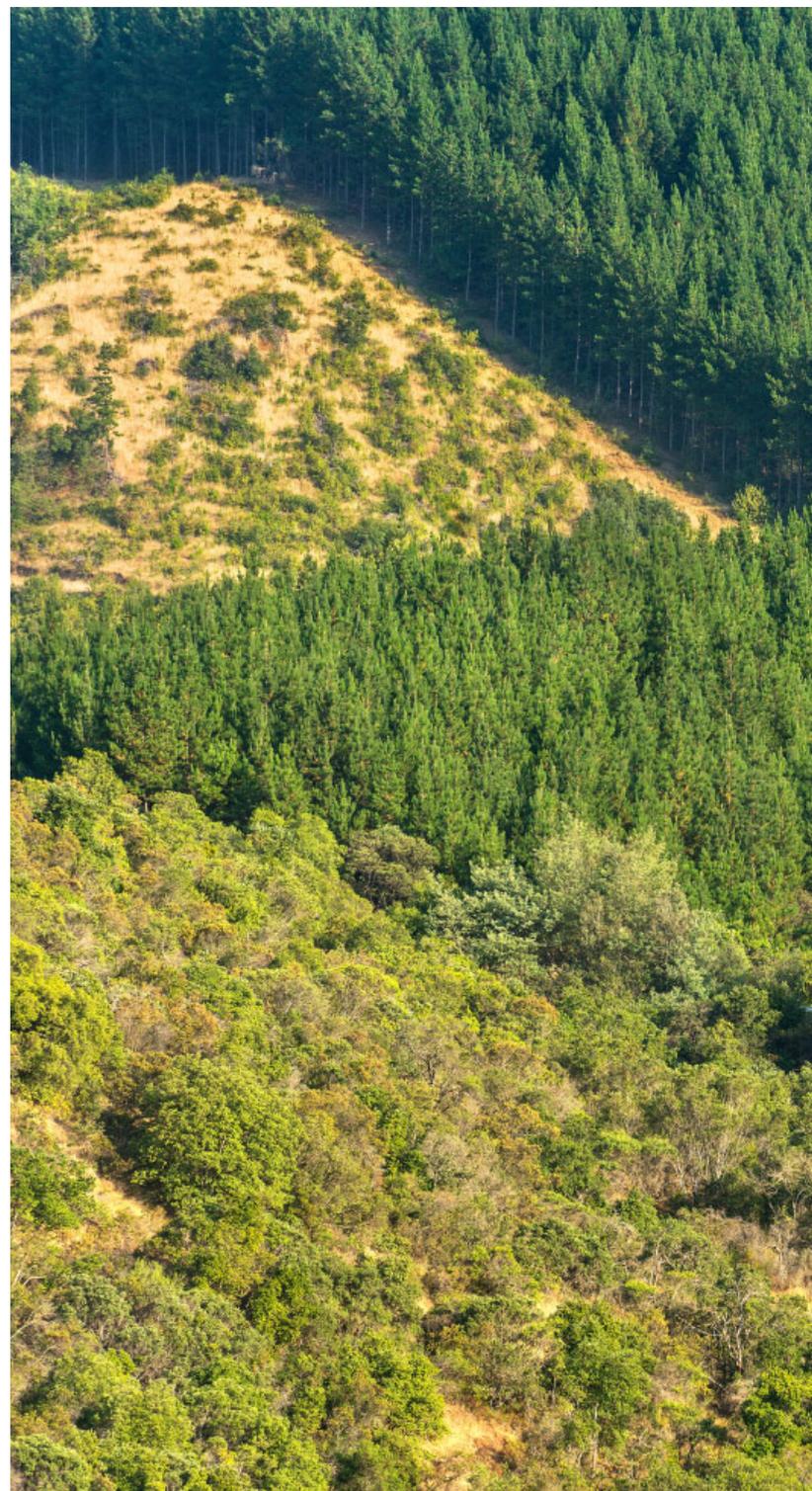


Distintas investigaciones han establecido potenciales efectos sinérgicos de actividades humanas sobre el régimen de fuego, incluyendo el cambio climático antropogénico, la creciente área de interfaz urbano-rural (zonas donde convergen o mezclan viviendas y formaciones vegetacionales) y el incremento de plantaciones forestales de especies de alta inflamabilidad, entre otras. Cerca del 60% de los incendios se originan en áreas de interfaz urbano-rural, y en los últimos años estas zonas han aumentado debido al crecimiento poblacional, la expansión urbana y una

mayor cobertura vegetal cerca de estos sectores urbanizados. Además, cambios en la distribución, abundancia y tipo de material combustible en el paisaje – asociado, por ejemplo, a la revegetación arbustiva natural luego del abandono de tierras agrícolas o conversión de tierras a plantaciones de rápido crecimiento – incrementan el riesgo de incendios.

En el contexto de las predicciones climáticas para las próximas décadas, se espera una mayor incidencia en la ocurrencia de megaincendios. Como ha sido observado a nivel mundial, este tipo de eventos extremos sobrepasan la capacidad de control y de extinción independiente del presupuesto. Por tanto, el foco debería cambiar hacia la prevención, promoviendo paisajes más resilientes a los incendios. En este sentido, surgen importantes desafíos que apuntan no sólo a la coordinación y actuación interinstitucional bajo un escenario de emergencia, sino a avanzar en una estrategia efectiva de prevención y de ordenamiento territorial que permita reducir las igniciones antropogénicas y abordar riesgos de un modo adaptativo, reduciendo el riesgo para las personas y daño material.

Contribuyendo a estos desafíos, este informe documenta los cambios en el régimen de incendios durante las últimas décadas y analiza los principales factores que determinan su ocurrencia y magnitud. Además, aborda sus principales impactos sociales, económicos y ecosistémicos, y la capacidad de resiliencia de la comunidad. Finalmente, en el contexto de cambio climático y condiciones futuras más favorables a incendios de gran magnitud (combinación de humedad, temperatura, viento y otros factores que facilitan su propagación), y reconociendo la incapacidad de extinguir estos eventos extremos, este informe esboza los principales desafíos institucionales en materia de políticas de prevención y mitigación.



Cambio en el régimen de incendios en Chile

Capítulo 1

Patrones espaciales y temporales de los incendios

Capítulo 2

Megaincendios en Chile



CAPÍTULO

1

Patrones espaciales y temporales de los incendios

Desde el 2010 al 2019, las temporadas de incendios han sido cada vez más extremas y extensas, especialmente entre las regiones de Valparaíso y La Araucanía. Los grandes incendios ocurren con menor frecuencia que aquellos de pequeña extensión, pero son responsables de quemar grandes áreas de terreno, por lo que resulta clave diseñar una estrategia de gestión y preparación destinada a reducir sus impactos sociales, económicos y ambientales.

Los incendios forestales han aumentado en los últimos años en la zona centro-sur de Chile (Figura 1), siendo las temporadas 2013-2014 y 2014-2015 particularmente excepcionales en términos de área quemada. Durante estos periodos se vieron afectadas 106.000 y 129.000 hectáreas, respectivamente, superando dos veces el promedio anual de las últimas cuatro décadas (54.000 ha/año). Pero, sin duda, los catastróficos incendios de la temporada 2016-2017 rompieron todos los registros previos con más de medio millón de hectáreas quemadas, superando en diez veces el promedio histórico desde mediados desde 1970.

En Chile, el mayor número de incendios y área quemada se concentra entre las regiones de Valparaíso y La Araucanía (Figura 2). De hecho, entre 1985 y 2018, el 92% de los incendios y el 89% de la superficie quemada en el país ocurrieron en esta zona.

Al analizar la ocurrencia de incendios, se encontró que aquellos con una extensión menor a cinco hectáreas superan el 90% del total, pero sólo representan el 5% del área quemada anualmente. Por el contrario, los incendios mayores a 200 hectáreas corresponden al 1%, pero representan el 74% de la superficie quemada por año. Por lo tanto, los grandes incendios requieren una especial atención, considerando que son responsables del mayor porcentaje de daño.

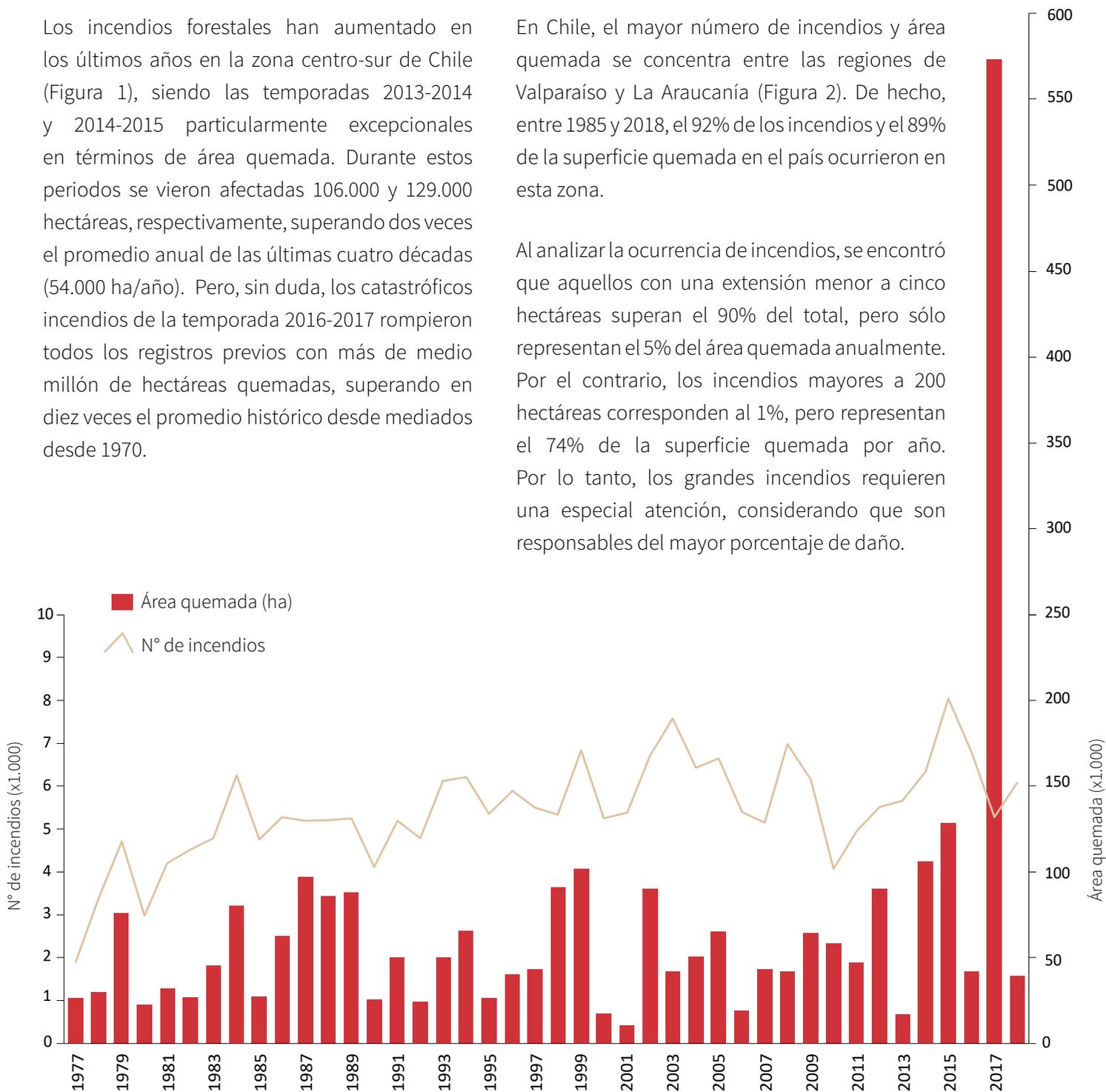


Figura 1. Número de incendios y área quemada (1977-2018)

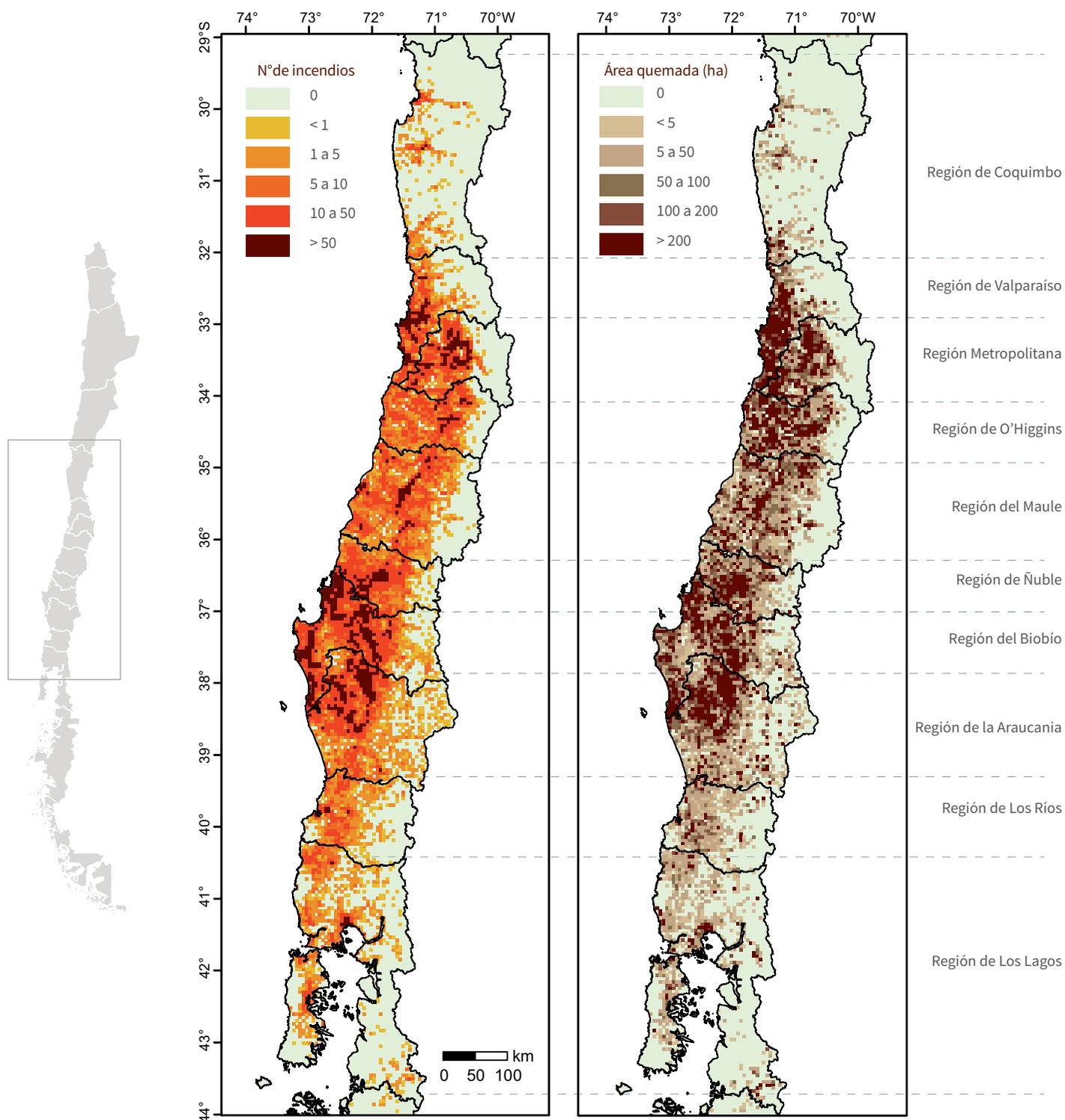


Figura. 2. Número total de incendios y área quemada acumulada por grilla de 5x5 km (periodo 1985-2018)

Junto con esto, la temporada de incendios se ha ampliado significativamente en la última década, abarcando, actualmente, gran parte del año. Antes del 2010, la temporada de incendios mayores de 200 hectáreas ocurría, típicamente, entre fines de noviembre y fines de abril del año siguiente. Pero en la actualidad, estos grandes incendios inician, en promedio, a mediados de octubre y terminan a fines de mayo del año siguiente (Figura 3), con temporadas comenzando incluso en julio. Así, al comparar el período 2010-2018 con el de 1985-2009, la extensión promedio de la temporada de grandes incendios aumentó en 64 días, lo que significa un incremento de un 43%.

Por otra parte, la megasequía experimentada en el país desde el 2010 a la fecha ha favorecido la ocurrencia de incendios de gran extensión (mayores a 1.000 hectáreas) y una mayor área quemada debido a estos (Figura 1). Adicionalmente, el hecho de que en la última década muchos de los incendios se den de manera simultánea, ha incidido, probablemente, en la dificultad para controlarlos y extinguirlos, lo que ha aumentado su duración y extensión.

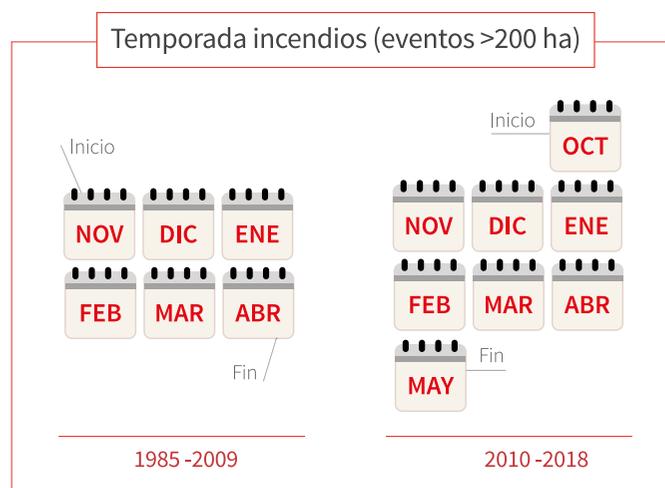


Figura 3. Extensión de la temporada de incendios para eventos de gran tamaño (> 200 ha), en los periodos 1985-2009 y 2010-2018.

AUTORES

Mauro E. González
Antonio Lara
Susana Gómez-González
Ignacio Díaz-Hormazábal

Megaincendios en Chile

En Chile los megaincendios han incrementado dramáticamente su ocurrencia durante la última década, siendo la zona entre las regiones de O'Higgins y el Biobío la más afectada. Los megaincendios son fenómenos socioecológicos complejos que requieren de un trabajo interdisciplinario para diseñar medidas de prevención, mitigación y preparación, que logren disminuir sus impactos de manera efectiva.

A nivel mundial, y especialmente en las últimas dos décadas, han ocurrido incendios de extraordinaria envergadura. Por su gran velocidad, tamaño y dinámica, sobrepasan la capacidad de respuesta de las instituciones, generando un impacto desproporcionado en el medioambiente y las comunidades. Si bien la terminología para referirse y describirlos es diversa, comúnmente son llamados **eventos de incendios extremos** o, más popularmente, **megaincendios**. La ocurrencia de estos eventos se ve favorecida por el cambio climático y, a su vez, contribuyen al calentamiento del planeta mediante emisiones masivas de CO₂ a la atmósfera.

Los megaincendios son catalogados como desastres ecológicos debido a que queman una extensa superficie y tienen una alta intensidad. Así, difieren de los incendios históricos de varias maneras, entre las cuales se pueden mencionar: la dificultad técnica para su control, la gran cantidad de recursos económicos demandados para enfrentarlos, la peligrosidad de su combate, la gran destrucción de infraestructura, especialmente en la interfaz urbano-rural (ver capítulo 3), y el riesgo a la salud de la población por el deterioro de la calidad del aire.

En Chile, entre 1985 y 2018, han ocurrido 22 megaincendios, los que han afectado una superficie de 543.000 hectáreas, representando el 22% de la superficie



total quemada en dicho periodo. Sin embargo, sólo en la última década hubo 16 megaincendios, coincidiendo con la megasequía que afecta nuestro país y, además, con las temperaturas más altas que se hayan registrado en la zona central. Sólo estos 16 eventos quemaron 444.000 hectáreas (82% de la superficie total afectada por los megaincendios, figura 2) entre las regiones de O'Higgins y el Biobío principalmente. Cabe destacar que para el periodo 1985-2018, esta zona concentra el 83% del área quemada por megaincendios a nivel nacional, los que se dan mayoritariamente en la cordillera de la costa.

Según los tipos de uso de suelo, un 50% de la superficie quemada como consecuencia de megaincendios entre 1985 y 2018, estaba cubierta por plantaciones exóticas, principalmente de *Pinus radiata* y *Eucalyptus spp.* En tanto, bosque nativo, matorral y pastizal se vieron afectados en un 20%, 17% y 8%, respectivamente (Figura 3). Tomando esto en cuenta, la actividad forestal entre las regiones de O'Higgins y del Biobío requiere con urgencia una mayor atención en cuanto al manejo preventivo del combustible y diversificación del paisaje, en vistas a reducir o amortiguar el impacto de los megaincendios en el país.

AUTORES

Mauro E. González
 Susana Gómez-González
 René Garreaud
 Alejandro Miranda
 Ignacio Díaz-Hormazábal

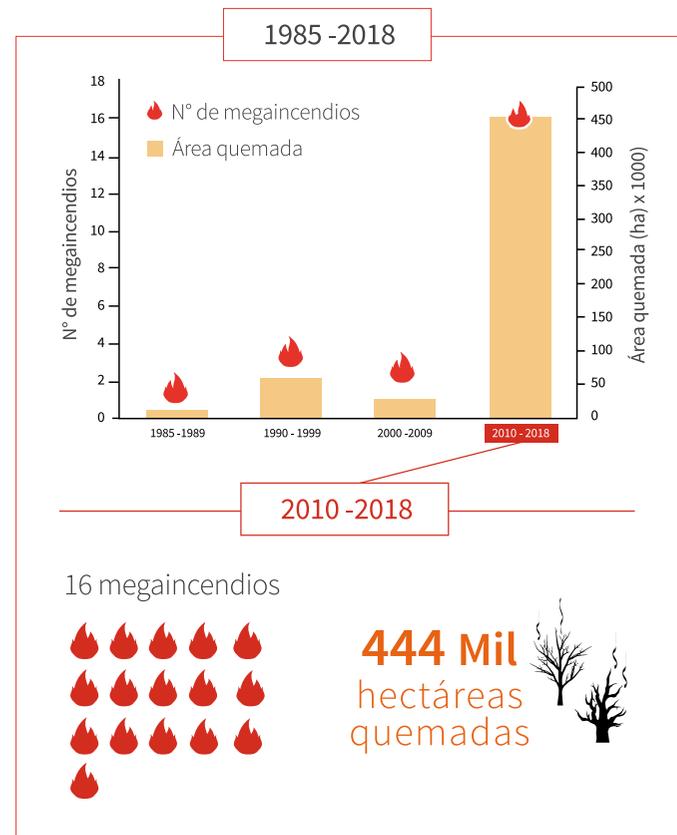


Figura 2. Número de megaincendios (> 10.000 ha) y área quemada para el periodo 1985-2018.

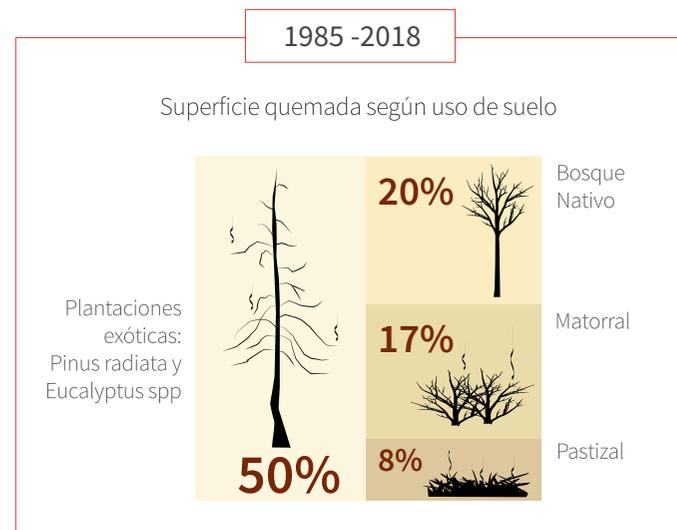


Figura 3. Área quemada por megaincendios (%) para principales tipo de cobertura vegetal.

Factores asociados al cambio en el régimen de incendios

Capítulo 3

La interfaz urbano-rural y el riesgo de incendios forestales

Capítulo 4

Principales causas de los incendios en Chile

Capítulo 5

Clima e incendios

Capítulo 6

Incendios forestales y cambio de uso del suelo

Capítulo 7

Plantas exóticas y cambios en el régimen de incendios





CAPÍTULO 3

La interfaz urbano-rural y el riesgo de incendios forestales

En Chile, las zonas donde conviven poblaciones humanas y ecosistemas vegetales son las que tienen mayor riesgo de incendio. Estas áreas, denominadas de interfaz urbano-rural, comprenden cerca de un 5% del territorio nacional, pero concentran alrededor del 80% de la población y, aproximadamente, el 60% de los incendios que ocurren en el país. Estas zonas se deben considerar explícitamente al momento de establecer estrategias de prevención, manejo y diseño de paisajes menos riesgosos.

El concepto **interfaz urbano-rural (IUR)** se define como el territorio en el que conviven comunidades humanas (rurales y urbanas) y ecosistemas vegetales (naturales, degradados o productivos). A nivel mundial, y en proporción, estas zonas concentran la mayor pérdida de vidas humanas e infraestructuras habitacionales debido a incendios, y donde se incurre en mayores gastos para combatir estos eventos y recuperar las áreas afectadas.

La definición más utilizada de IUR considera dos zonas: (a) intermix, donde las casas se mezclan con la vegetación. Corresponde a toda área que contenga al menos 6,17 casas/km² y que, a su vez, esté cubierta con más de 50% de vegetación (Figura 1); y (b) interfaz, donde un área habitacional con menos de un 50% de cobertura de vegetación se encuentra a una distancia inferior a 2,4 km de grandes fragmentos de vegetación (mayores a 5 km²) (Figura 1). Es decir, la IUR se compone tanto de casas en áreas silvestres, como de zonas habitacionales cercanas a ellas.

Las zonas de IUR se están incrementando rápidamente debido al crecimiento de las ciudades y a la expansión de ecosistemas con una mayor carga de combustible. Considerando esto, la necesidad de planificación territorial en función de las realidades locales es de suma importancia. Por tanto, se debe avanzar en identificar las zonas de IUR de Chile para proteger a la población y prevenir la propagación de incendios desde estas áreas hacia los ecosistemas naturales. Para reconocer estas zonas en nuestro país, exploramos el efecto en el riesgo de incendios (probabilidad de que un incendio se inicie) de: (a) distancia a ciudades, (b) cobertura del suelo (tipos de vegetación) y (c) densidad de casas.

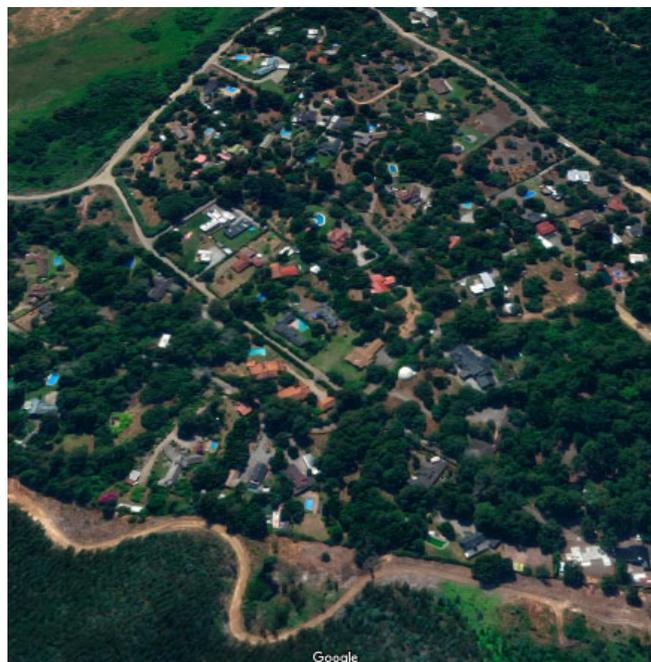


Figura 1. Intermix IUR, donde las casas se mezclan con la vegetación.

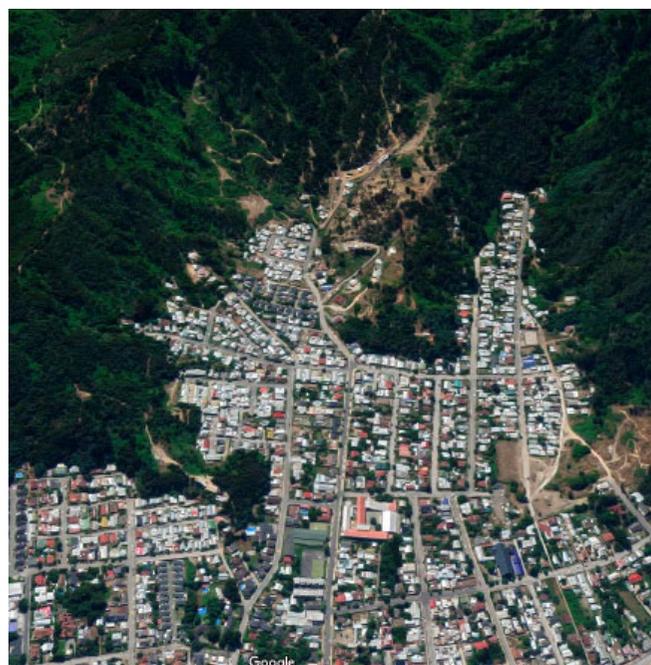


Figura 1. Interfaz IUR, donde las casas se encuentran con la vegetación.

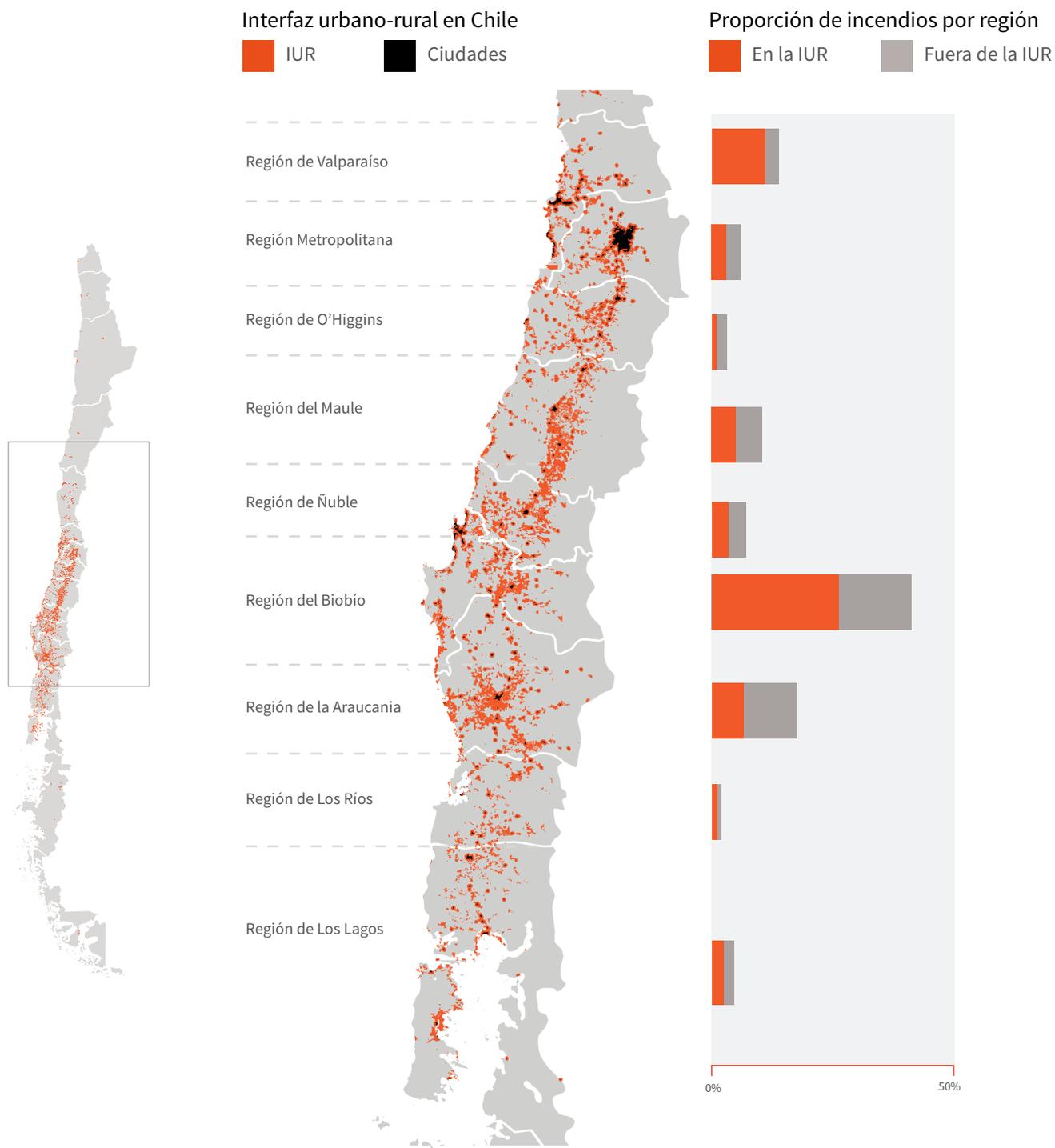


Figura 2. Zonas de interfaz urbano-rural en Chile identificadas en función de los umbrales definidos a escala nacional y proporción relativa de incendios por región, dentro y fuera de la IUR propuesta.

En promedio, un área cubierta con vegetación presenta un alto riesgo de incendio cuando se encuentra a menos de 1,5 o 1,7 kilómetros de distancia a ciudades o caminos, respectivamente. A una mayor distancia, se observa una disminución del riesgo.

Respecto al tipo de cobertura de suelo, el riesgo de incendios se concentra en mayor proporción en los paisajes dominados por plantaciones forestales y, en menor grado, en aquellos dominados por bosque nativo. Cuando la proporción de bosque nativo es menor a un 50% en el paisaje, se observa una mayor ocurrencia de incendios. Sin embargo, a mayor cobertura de bosque nativo el riesgo disminuye.

En cuanto a la densidad poblacional, el riesgo de incendio aumenta rápidamente en áreas que tengan una densidad de hasta 5,6 casas/km². Luego de este valor, el riesgo aumenta más lentamente, pero se mantiene elevado.

Una relación entre las tres variables indica que los paisajes que tienen una cobertura desde 5% de plantaciones forestales cercanas a la población, tienen mayor riesgo de incendios. En estos casos, la presencia de plantaciones forestales incrementa más rápidamente el riesgo, el cual se mantiene elevado hasta los 5 kilómetros (más del doble de los 1,5 mencionados anteriormente). Por tanto, un amplio porcentaje de cobertura de plantaciones forestales sumado a una corta distancia de las ciudades representa un escenario de alto riesgo.

Las variables analizadas previamente permitieron identificar zonas de IUR entre las regiones de Valparaíso y Los Lagos (figura 1, panel b), que representan sólo el 5% del territorio nacional, pero donde se concentra el 80% de la población del país y el 60% de los incendios.

Tomando en cuenta que en Chile los incendios son ocasionados, principalmente, por los humanos, y que sus características responden estrechamente a los cambios demográficos y, en mayor medida, a cambios en zonas donde las personas conviven con ecosistemas dominados por vegetación, el reconocimiento y planificación de estas áreas de IUR se torna vital para la seguridad de sus habitantes.

Autores

Alejandro Miranda
Jaime Carrasco
Mauro E. González

CAPÍTULO

4

Principales causas de los incendios en Chile

En Chile los incendios ocurren principalmente por causas humanas, ya sea de tipo accidental o intencional, siendo las causas accidentales las más frecuentes en la zona centro y sur. La adecuada comprensión de las prácticas, motivaciones y causas subyacentes de los incendios en cada territorio es muy relevante para el diseño de las estrategias de prevención, supresión y gestión del paisaje.

En nuestro país los incendios son causados, principalmente, por los humanos, ya sea de forma accidental o por una acción deliberada e intencional. De hecho, la ocurrencia de incendios se relaciona estrechamente con la distancia y ubicación de centros urbanos e infraestructuras como caminos, líneas férreas y sitios recreacionales, siendo las zonas de interfaz urbano-rural especialmente relevantes, pues aumentan el riesgo de incendios (ver capítulo 3).

Del total de incendios registrados a nivel nacional durante el periodo 1985-2018 por la Corporación Nacional Forestal (CONAF), sólo fue posible determinar la causa del 89%. De estos, el 56% fueron accidentales, 32% intencionales, 11% sin causa conocida y menos del 1% naturales, causados principalmente por rayos (Figura 1).

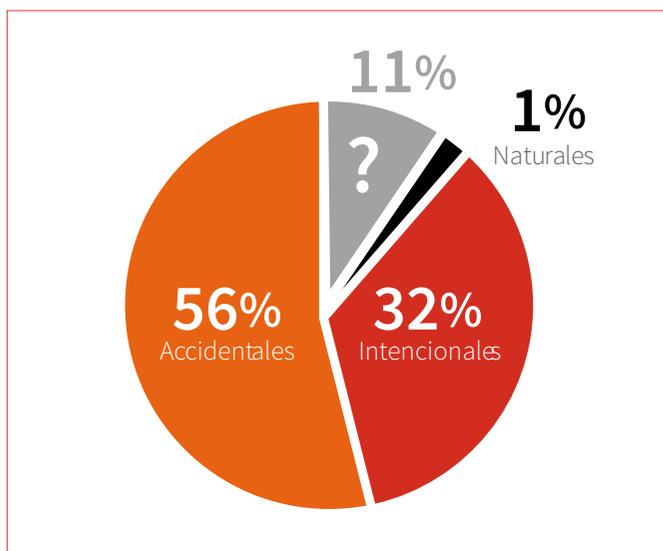


Figura 1. Causas de incendios forestales a nivel nacional 1985-2018.

En las regiones del centro y sur de Chile se concentra el mayor número de incendios y área quemada, siendo aquellos de origen accidental los más frecuentes, especialmente entre las regiones de Valparaíso y del Maule, superando el 75% (Figura 2). Entre las principales causas accidentales se encuentran las actividades recreativas (16%), las asociadas a vías férreas (27%) y al tránsito de personas y vehículos (30%).

Respecto a los incendios intencionales durante el período 1985-2018, algunas regiones y en ciertas temporadas han alcanzado alrededor del 50% de incidencia. Las regiones que presentan el mayor porcentaje de este tipo de incendios son la Araucanía y Biobío, con 43% y 49%, respectivamente (Figura 2).

Según las estadísticas reportadas por CONAF, el origen de los incendios intencionales a nivel nacional se debería a: atentados incendiarios por vandalismo (10%), piromanía (8%), conflictos indígenas (6%), y otras causas sin clasificar (70%). Es importante destacar que, de acuerdo también a estadísticas de CONAF, en las regiones de Valparaíso y Metropolitana predomina la causa asociada a pirómanos; en la región de la Araucanía, los relacionados a atentados incendiarios y vandalismo; y en la región de Biobío, que presenta la mayor ocurrencia de incendios intencionales, un 83% se asocia a una causa intencional no clasificada.

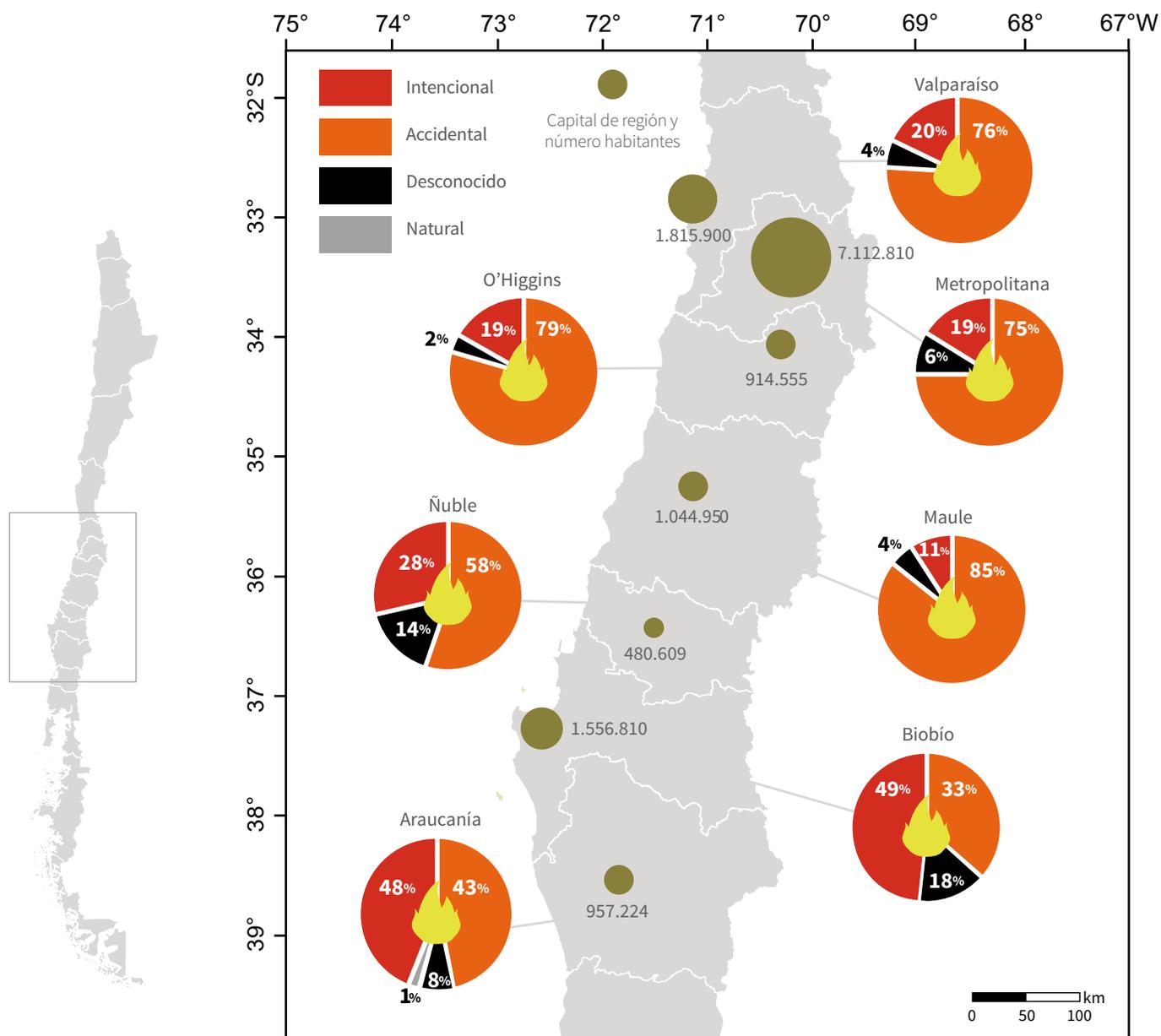
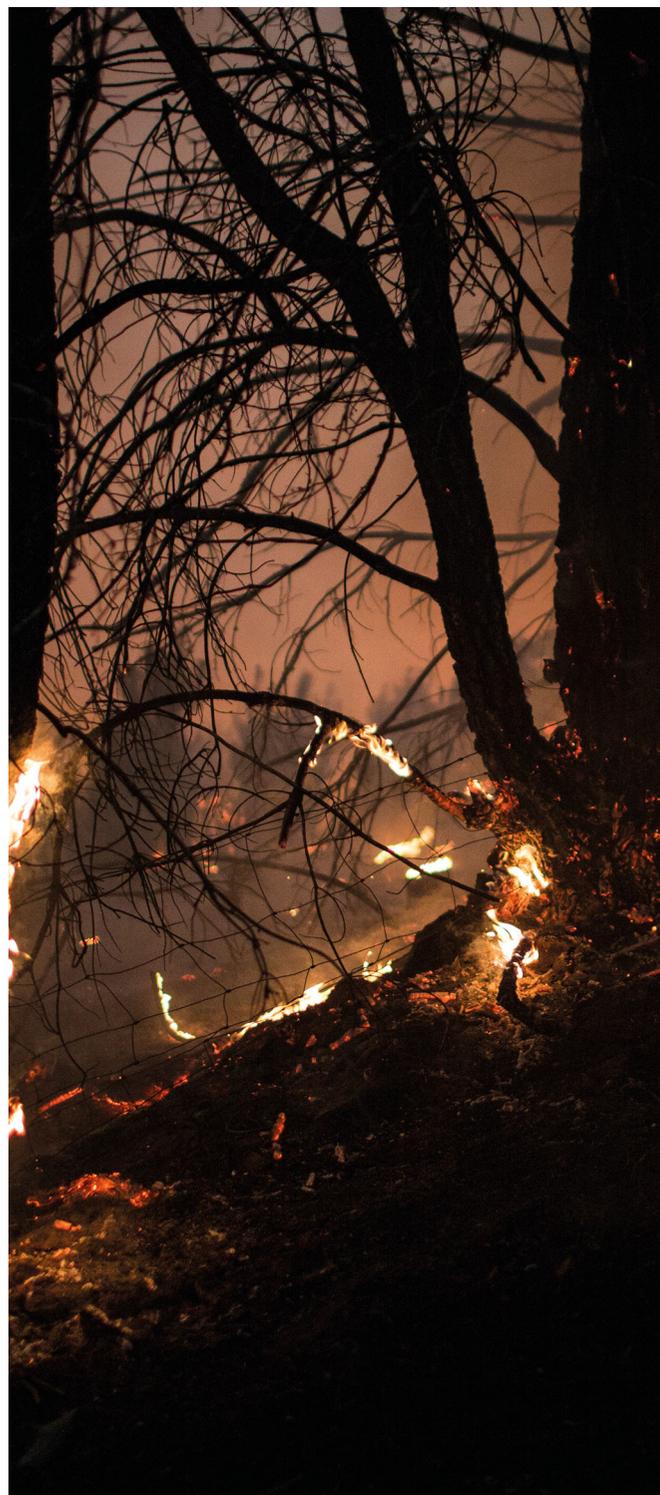


Figura 2. Causas de los incendios entre las regiones de Valparaíso y la Araucanía (1985-2018)
Fuente: Estadísticas de Incendios (CONAF)

Aunque las actuales estadísticas y los mecanismos de investigación y clasificación de las causas de los incendios deben perfeccionarse sustantivamente para poder sacar conclusiones más robustas, comprender adecuadamente las prácticas, motivaciones y causas subyacentes de los incendios en cada territorio es muy relevante para el diseño de las estrategias de prevención, supresión y gestión del paisaje, y el mejoramiento de las políticas relacionadas a los incendios.



Autores

Mauro E. González
Ignacio Díaz-Hormazábal
Susana Gómez-González

CAPÍTULO 5

Clima e incendios

La ocurrencia de olas de calor favorece el inicio y desarrollo de incendios de gran magnitud en la zona centro-sur de Chile. El gradual aumento de temperaturas durante las últimas décadas ha contribuido con cerca del 20% del área quemada en las últimas tres décadas. El aumento sostenido de la temperatura y la reducción de precipitaciones podrían establecer, hacia fines de siglo XXI, un clima promedio similar al experimentado en la temporada de megaincendios 2016/2017.

Las condiciones atmosféricas, como la temperatura, precipitación, viento y humedad, ejercen un profundo control sobre el régimen de incendios. En última instancia, éste será limitado por el clima de una región, ya sea por la cantidad de combustible o su contenido de humedad.

En el caso de la zona centro y sur de Chile, la ocurrencia de grandes incendios durante el semestre de verano

se ve favorecida por las olas de calor, como lo muestra la Figura 1. Junto con las altas temperaturas en el valle central (mayores a 30°C), las olas de calor se caracterizan por una baja humedad y ausencia de nubosidad, fuertes vientos del sur (“surazos”) sobre el litoral y la cordillera de la Costa, e intensos vientos del este (Puelche) en la zona precordillerana. Las olas de calor, a su vez, ocurren de dos a tres veces por mes y pueden persistir por tres días o más, asociadas a condiciones meteorológicas

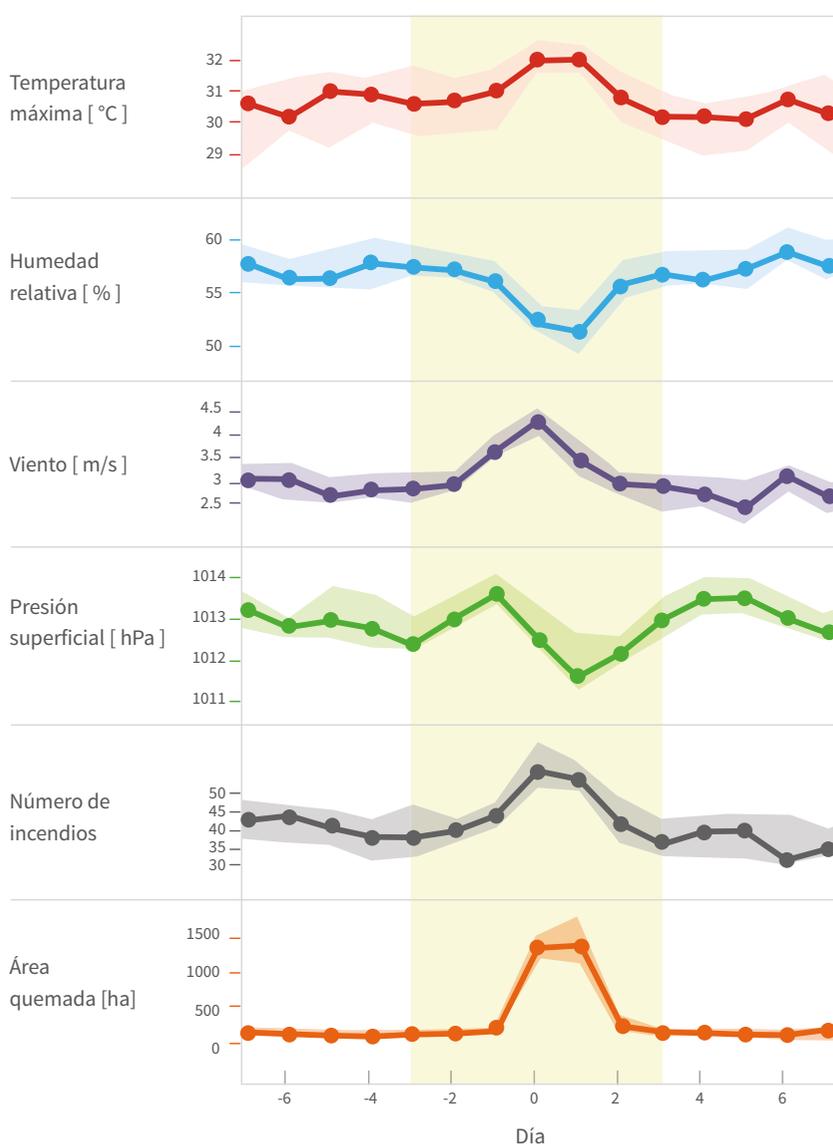


Figura 1. Condiciones meteorológicas medias entre los 7 días previos y 7 días posteriores a la ocurrencia de grandes incendios forestales en la zona centro-sur.

Para esto se consideraron 63 días en que el área quemada superó 741 hectáreas en las regiones del Ñuble y Biobío (catastro de incendios CONAF), denominado aquí día 0.

Las diversas series, desde arriba hacia abajo, corresponden al promedio de la temperatura máxima en la estación Bernardo O'Higgins Chillán Ad. (registros Dirección Meteorológica de Chile, DMC), la humedad relativa a 2 m y el viento a 10 m media sobre las regiones del Biobío y Ñuble (reanálisis CFSR), la presión reducida a nivel del mar cercano a Chillan (reanálisis ERA5) y el número de incendios y área quemada (catastro de incendios CONAF).

que incluyen el paso de un anticiclón más al sur y el desarrollo de una vaguada costera en la zona central.

Como la ocurrencia de olas de calor aumenta el promedio estacional de la temperatura, el área total quemada en la zona centro-sur tiende a ser mayor que su promedio histórico en los veranos cálidos y menor en los más fríos. Esta relación se sintetiza en la Figura 2, que cuenta con información entre 1985 y 2018, donde

destaca el verano 2016-2017, que alcanzó un récord de temperatura –producto de una intensa y prolongada ola de calor– y más de 500.000 hectáreas quemadas (Capítulo Megaincendios de 2017).

Sin embargo, veranos con temperaturas similares pueden terminar con áreas quemadas muy distintas, pues existen otros factores que modulan la ocurrencia y propagación del fuego. Uno de ellos es la precipitación

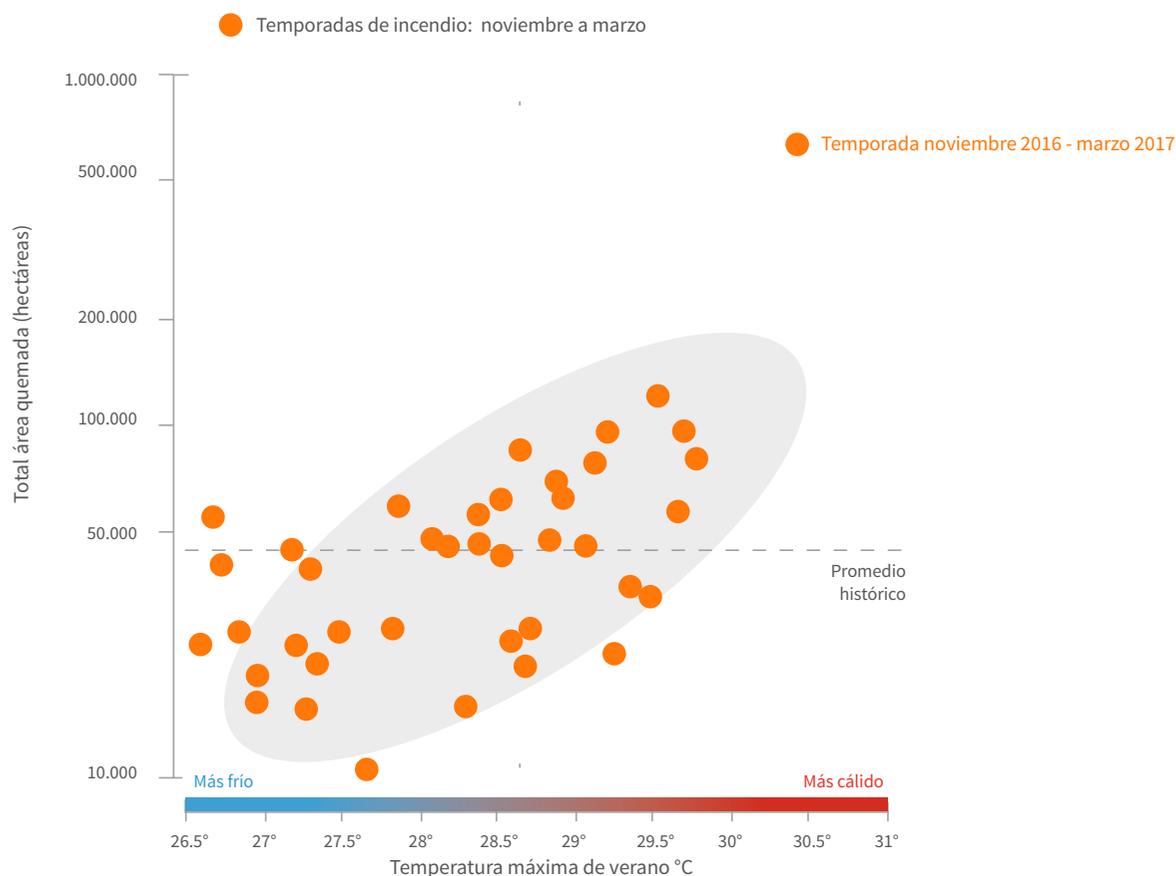


Figura 2. Gráfico de dispersión entre un índice de temperatura máxima de verano y el área quemada total (en escala logarítmica) considerando el periodo 1985 y 2018. El óvalo gris muestra la relación directa entre mayor temperatura y mayor área quemada. El índice de temperatura máxima corresponde al promedio de los 30 días más cálidos del verano en las estaciones Quinta Normal (Santiago), Curicó Ad. y Chillán Ad. (registros Dirección Meteorológica de Chile, DMC). El área total quemada corresponde al área consumida por incendios forestales entre las regiones de Valparaíso y Biobío (catastro de incendios CONAF)

acumulada en los meses previos a la estación de incendios, que regula el contenido de humedad del suelo y el estrés hídrico de la vegetación. Esto se ha constatado durante la megasequía de Chile central (2010-2019), durante la cual el área quemada ha sido un 30% mayor al promedio histórico. Además del clima, el régimen de incendios también se ve fuertemente alterado por el factor humano (disponibilidad de combustible, ignición, combate y supresión) el cual se describe en el capítulo 4.

En las últimas décadas, la temperatura en el interior de Chile central ha aumentado algunas décimas de grado. Empleando la relación interanual entre área quemada y temperatura (Figura 2) es posible estimar que el cambio climático antropogénico ha contribuido en, aproximadamente, un 20% del área total quemada entre 1985 y 2016 en la zona centro-sur. Las proyecciones hacia mediados de siglo son poco alentadoras, pues la zona central podría experimentar un incremento de entre 0.7 °C y 1.3 °C en verano -dependiendo del escenario de emisiones globales de gases de efecto invernadero (GEI)- junto a una reducción de 10-20% de las precipitaciones. Estas condiciones medias del futuro son similares a las experimentadas el verano 2016/2017 lo que -de no existir cambios sustanciales en el uso del territorio y la gestión de desastres- aumenta dramáticamente el potencial de grandes incendios forestales.



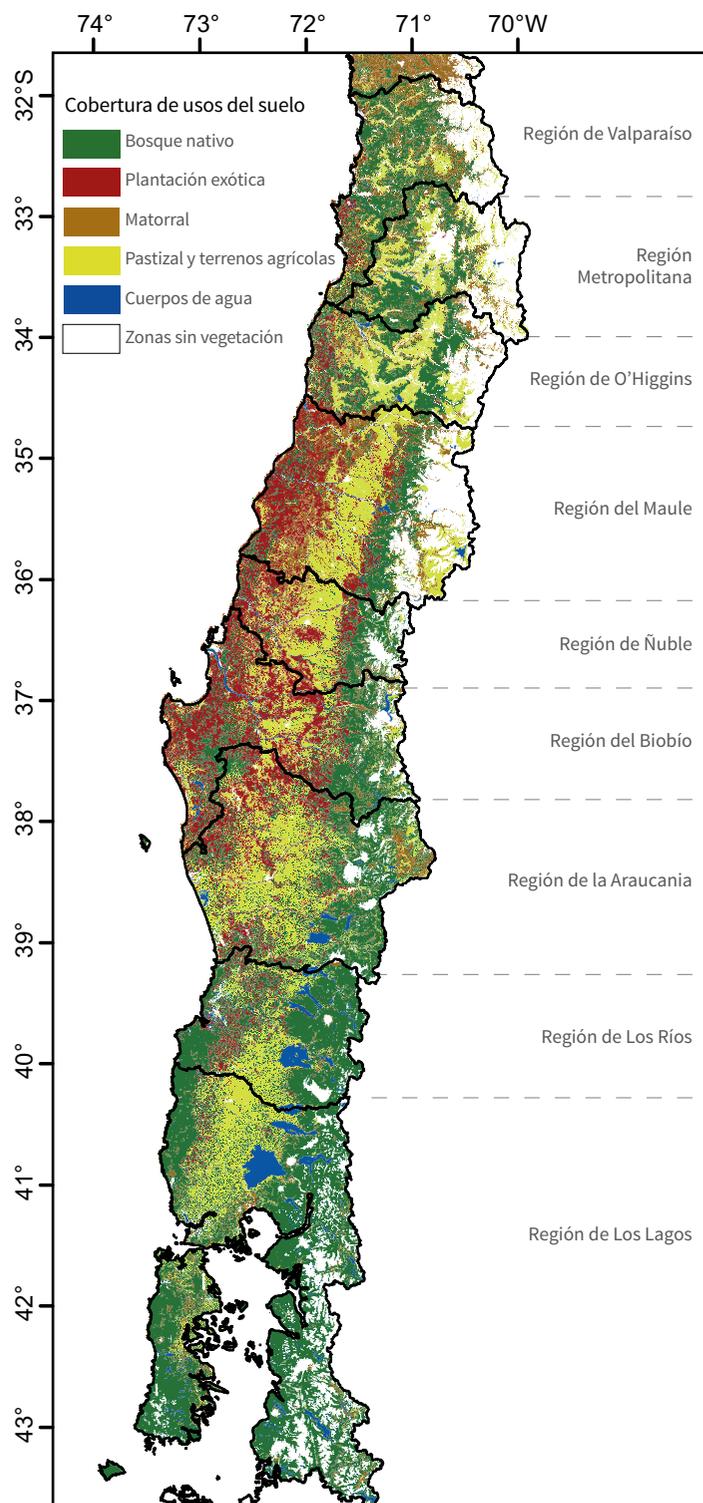
Autores

René Garreaud
Martín Jacques
Felipe Vargas
Juan Pablo Boisier
Maisa Rojas

CAPÍTULO
6

Incendios forestales y cambio de uso del suelo

El cambio de uso del suelo altera el régimen de incendios. Por ejemplo, las plantaciones y los matorrales son más propensos a quemarse que los bosques nativos higrófilos (que habitan lugares con alta humedad). Por otro lado, la quema de rastrojos en cultivos anuales genera numerosos incendios accidentales. Por tanto, la restauración del bosque nativo, la diversificación del paisaje y la limitación de quemas controladas son herramientas fundamentales para reducir el riesgo de incendios.



La probabilidad de que ocurra un incendio y su capacidad de propagación no sólo dependen del clima (capítulo 5) y de las fuentes de ignición (capítulo 4), sino también de la cantidad de combustible disponible, su inflamabilidad y su distribución en el paisaje. Es por ello que los cambios del uso del suelo, al modificar el tipo y la estructura de la vegetación (el combustible), alteran significativamente el régimen de incendios.

En las últimas décadas, el paisaje de la zona centro-sur de Chile ha sufrido una rápida transformación. Cerca de un 20% del bosque nativo ha sido reemplazado por matorrales y pastizales degradados, zonas agrícolas y plantaciones forestales de especies exóticas (Figura 1). Las plantaciones forestales extensas favorecen la propagación del fuego, dado que se componen de un tipo de combustible denso e inflamable (mayoritariamente pinos y eucaliptos de rápido crecimiento) que se distribuye de forma continua a lo largo del paisaje y que, además, no suele manejarse de forma adecuada. Los matorrales esclerófilos de tipo mediterráneo que se distribuyen entre Valparaíso y el Maule también son muy propensos a ser quemados. El matorral mediterráneo es más seco e inflamable que los bosques higrófilos del sur y, además, se localiza en áreas con gran presión humana, favoreciendo su ignición.

Figura 1. Distribución geográfica de los diferentes usos del suelo entre las regiones de Valparaíso y Los Lagos.

En tanto, en los suelos de praderas y cultivos agrícolas anuales, la quema de rastrojos es una fuente importante de incendios accidentales, particularmente en las regiones del Biobío y Ñuble. Por este motivo, dichas regiones requieren de especial atención en cuanto a manejo de paisaje y prevención de incendios, ya que concentran el 42% de todos los incendios del país.

En Chile, entre los años 2008 y 2018, se han quemado, en promedio, cerca de 116.000 hectáreas anuales, de las cuales, casi 46.000 han sido plantaciones forestales de especies exóticas, aproximadamente 19.000 fueron de bosques nativo y cerca de 43.000 correspondieron a pastizales y matorrales (Figura 2.a). Estos últimos presentan una elevada proporción de especies exóticas invasoras, lo que favorece la ocurrencia y propagación de

incendios (capítulo 7). Las cifras mencionadas significan una pérdida anual de 1,6% del total de 2.9 millones de hectáreas de plantaciones forestales, y de 0,34% de las 5.5 millones de hectáreas de bosque nativo existentes entre las regiones de Valparaíso y Los Lagos (Figura 2.b y 2.c).

Las pérdidas de plantaciones forestales debido a los incendios siempre han sido mayores a las pérdidas de otros usos del suelo (entre 1988 y 2018) y se han triplicado en la última década con respecto a décadas anteriores (Figura 2.c). Esto, probablemente, se debe a las condiciones de sequía y altas temperaturas que ha experimentado la zona centro-sur del país en los últimos años.

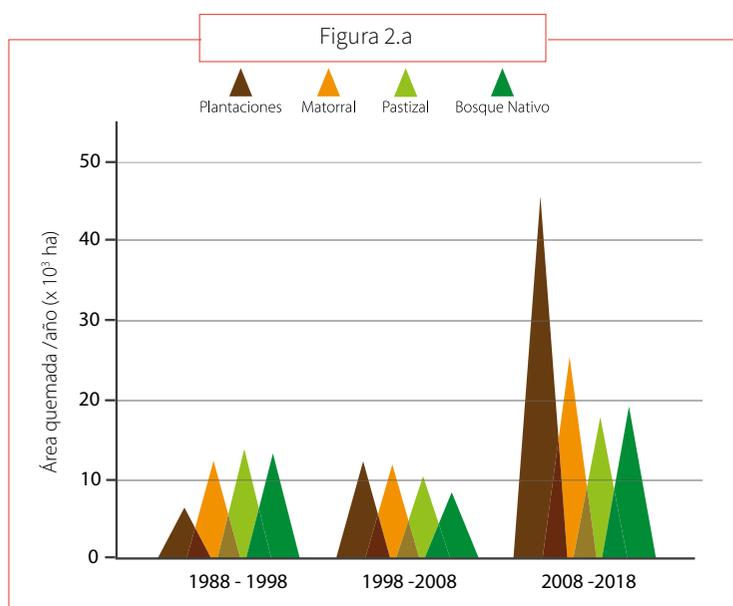


Figura 2.a. Área media quemada por año (n = 10 años) en cada uso del suelo.

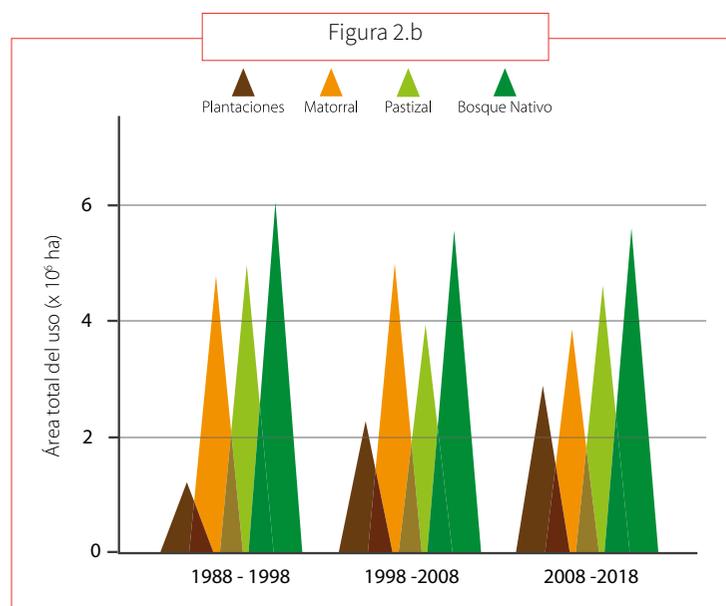


Figura 2.b. Área total de cada uso del suelo (entre Valparaíso y Los Lagos). Datos extraídos de Heilmayr et al. (2016).

En relación a los megaincendios, el riesgo es particularmente elevado en las zonas costeras de las regiones del Maule, Ñuble y Biobío, donde las sequías son severas, el impacto humano es elevado y las plantaciones forestales son especialmente extensas, viéndose afectadas más de 200.000 hectáreas de este tipo de suelo en los megaincendios de la temporada 2016-2017 (capítulo Megaincendio 2017).

La restauración del bosque nativo, la adecuada gestión y manejo de quemas controladas y la generación de mosaicos de paisaje heterogéneos, donde se intercalen diferentes usos del suelo, serán herramientas fundamentales para disminuir la probabilidad de ocurrencia de megaincendios en el futuro. Con esto, el modelo actual de la industria forestal debiera ser rediseñado para asegurar su sostenibilidad en el tiempo, considerando que las proyecciones de aumento de temperaturas y estrés hídrico incrementarán la ocurrencia de grandes incendios que afectarían, particularmente, a este sector productivo.

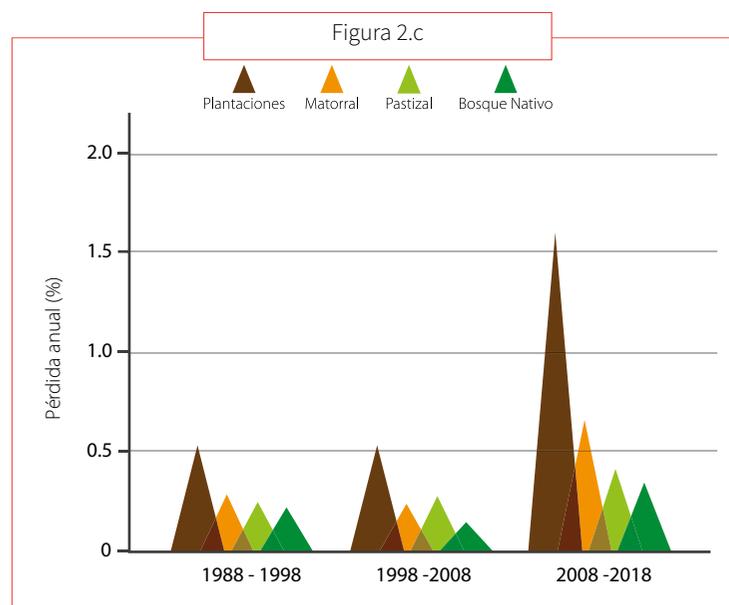


Figura 2.c. Porcentaje del área total de cada uso que se pierde por el fuego cada año ($\text{Pérdida anual (\%)} = \frac{\text{Área quemada del uso}}{\text{Área total del uso}}$). Datos extraídos de CONAF (2019).

Autores

Susana Gómez-González
Mauro E. González
Ignacio Díaz-Hormazábal
Antonio Lara

CAPÍTULO
7

Plantas exóticas y cambios en el régimen de incendios

La presencia de una gran cantidad de plantas exóticas exagera la magnitud e intensidad de los incendios, ya que estas especies, comparadas con las especies nativas, acumulan una mayor cantidad de combustible, el cual posee un bajo nivel de humedad, mayor concentración de compuestos volátiles y un alto poder calorífico. Estas características de las plantas exóticas, unido a los cambios en las condiciones climáticas de Chile central –como temperaturas más elevadas y menor humedad–, generan un escenario de incendios más frecuentes, más extensos y más intensos.

Las plantas exóticas, es decir, aquellas provenientes de otras regiones biogeográficas y cuya introducción en nuestro país es consecuencia de la acción humana, pueden modificar el régimen de incendios forestales, aumentando su velocidad de propagación, extensión, frecuencia, intensidad y temporalidad. Esto se debe a que las plantas exóticas acumulan una gran cantidad de biomasa, principalmente combustible fino (con un diámetro menor a 2,5 cm) en sus ramas y follaje, tienen bajo contenido de humedad, una elevada concentración de compuestos volátiles, y tienen un alto poder calorífico. Por ejemplo, los pastos exóticos generan un continuo de combustible seco durante el verano, lo que favorece la propagación inicial de los incendios, mientras que algunos arbustos, como el arbusto retamilla (*Genista monspessulana*) hacen un efecto de escalera al llevar el fuego a las copas de los árboles de mayor altura.

Un 70% de las plantas exóticas presentes en Chile provienen de territorios en los que los incendios forestales se presentan de manera frecuente y natural (Ej: Europa mediterránea, Norteamérica y Australia). Por este motivo, poseen adaptaciones reproductivas que les permiten permanecer en los ecosistemas e, incluso, aumentar su abundancia en ellos después de la ocurrencia de incendios. Tal es el caso de especies como *Pinus radiata* y *Pinus contorta*, que poseen conos serótinos que liberan sus semillas por la acción de las altas temperaturas; *Genista monspessulana*, cuyas semillas aumentan su germinación cuando alcanzan temperaturas que resultan letales para otras especies; y los aromos *Acacia dealbata* y *A. melanoxylon*, y *Eucalyptus spp.*, que son capaces de rebrotar abundantemente desde su base o sus raíces cuando su tronco es dañado por el fuego.



Figura 1. Establecimiento de plantas de pino (*Pinus radiata*) al interior de un bosque nativo maulino a dos años de los incendios forestales de 2017. Fuente: Laboratorio de Invasiones Biológicas (LIB), de la Universidad de Concepción.

Pese a que algunas especies nativas de Chile también presentan este tipo de adaptaciones, son mucho menores que las de las especies exóticas. Así, en zonas afectadas por una alta frecuencia e intensidad de incendios, es posible apreciar un predominio de especies introducidas por sobre las nativas (Figura 1). En este sentido, existe una retroalimentación positiva entre la invasión de plantas exóticas y los incendios, lo que genera impactos negativos en los ecosistemas naturales y también en los ecosistemas más intervenidos por el ser humano (Figura 2).

En Chile, en un escenario de cambio climático donde las condiciones de temperatura y humedad aumentarán la frecuencia, extensión e intensidad de los incendios

forestales (capítulo 5), la expansión de la vegetación exótica puede exacerbar los impactos de estos sobre los ecosistemas naturales y en el bienestar humano, aumentando el riesgo de incendios en áreas pobladas o zonas de cultivos. Por lo tanto, se hace necesario establecer políticas y acciones de manejo destinadas al control de las especies exóticas y la restauración de ecosistemas nativos para disminuir la probabilidad de eventos catastróficos.

Autores

Aníbal Pauchard
Rafael A. García

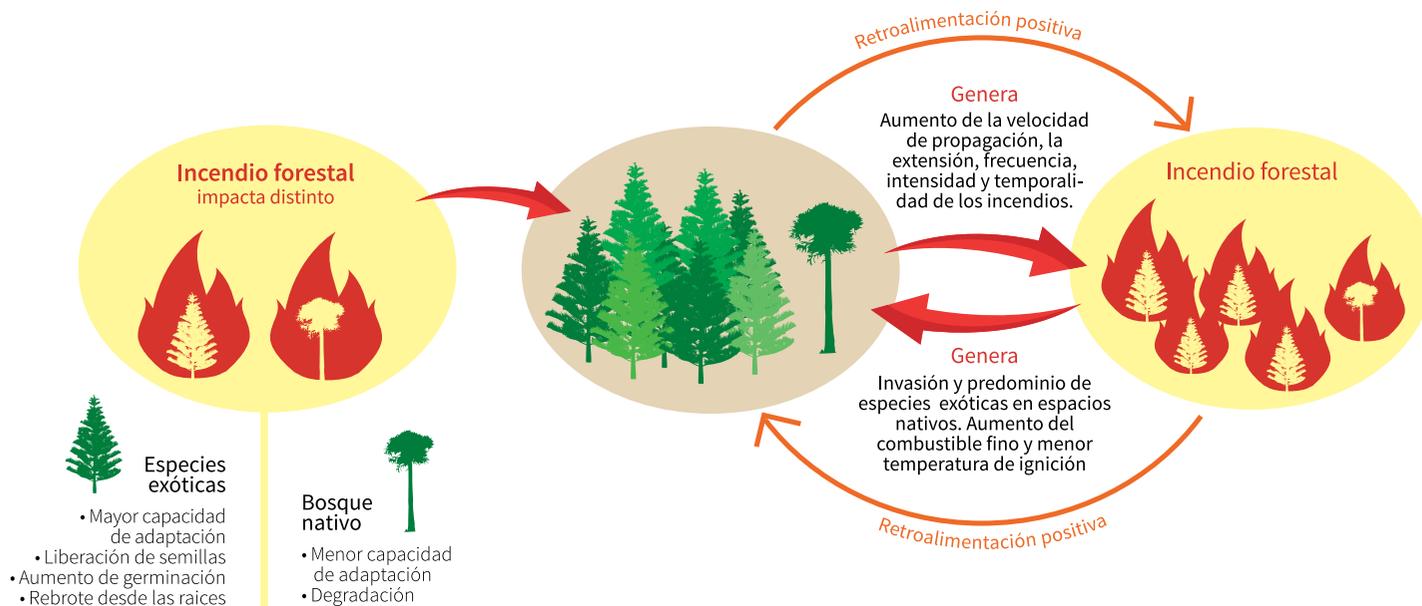


Figura 2. Esquema general del proceso de retroalimentación positiva entre invasión de plantas exóticas e incendios forestales. La llegada de plantas exóticas modifica las propiedades del combustible (aumenta carga de combustible, la proporción de combustible fino y disminuye la temperatura de ignición), generando un nuevo régimen con incendios de mayor severidad, extensión y propagación. Estos incendios degradan los ecosistemas nativos haciéndolos más permeables a la invasión y, por otro lado, los promueven debido a las adaptaciones de las especies exóticas al fuego, generando su aumento y permanencia después de los incendios.

Principales impactos de los incendios

Capítulo 8

Emisiones de CO₂ asociadas a los megaincendios forestales en Chile durante 2017

Capítulo 9

Impactos en la biodiversidad en la zona mediterránea de Chile

Capítulo 10

Impactos económicos de los incendios forestales en Chile



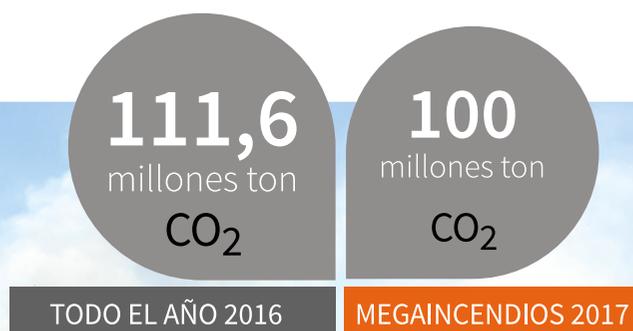
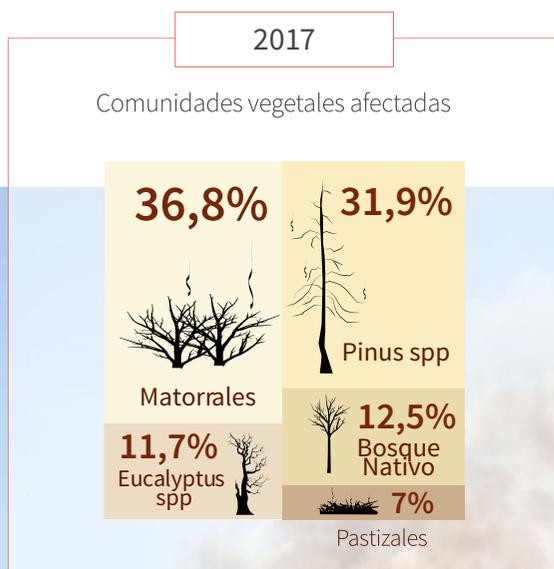
CAPÍTULO 8

Emisiones de CO₂ asociadas a los megaincendios forestales en Chile durante 2017

La cantidad de CO₂ que se emitió durante los megaincendios que ocurrieron en Chile en el año 2017 fue equivalente a un 90% del total de emisiones de CO₂ de nuestro país en el 2016. La prevención, monitoreo y manejo de incendios forestales es fundamental para mitigar las emisiones de carbono, así como también para dar cumplimiento a los compromisos adquiridos a nivel internacional.

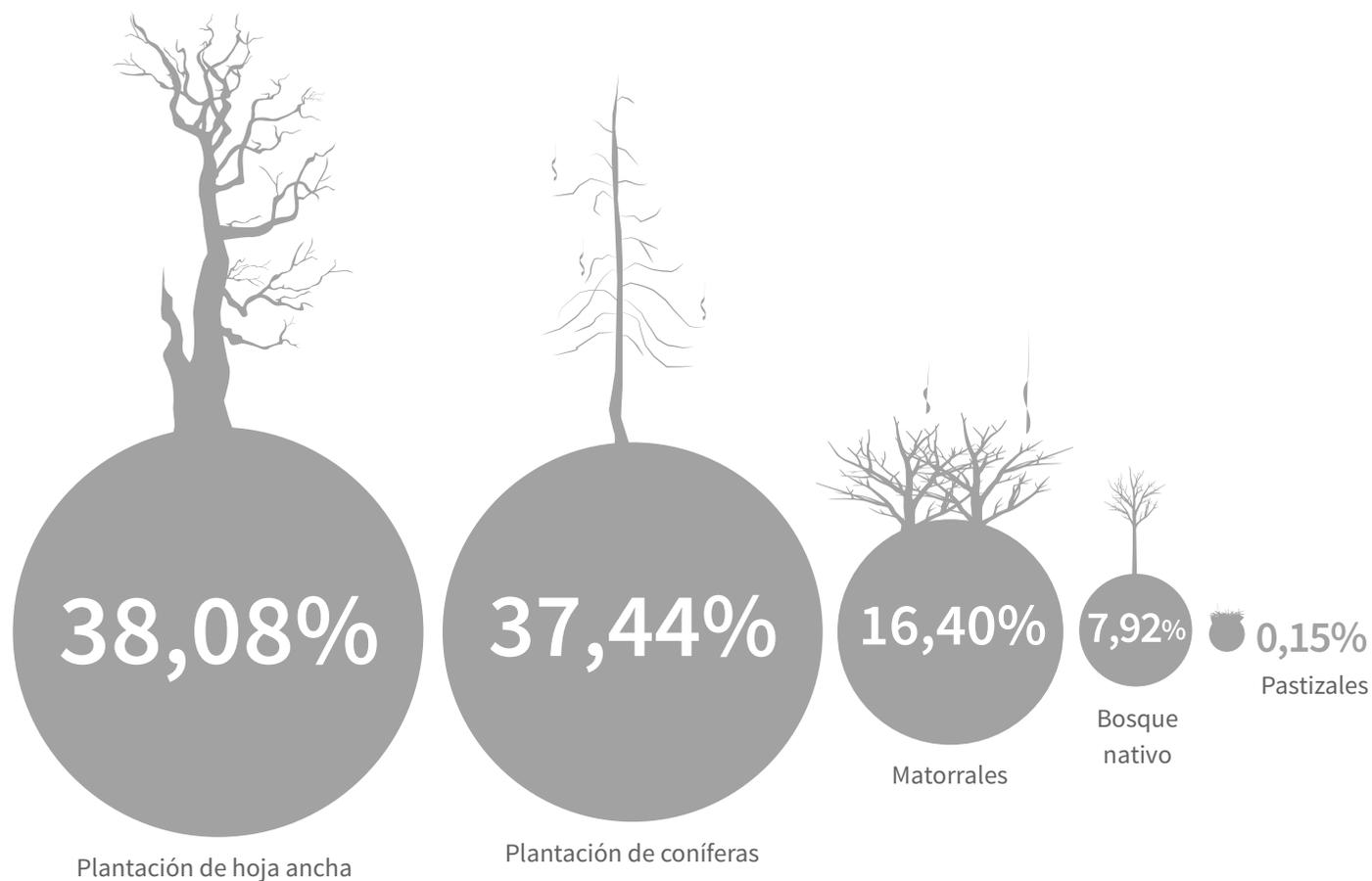
Durante el año 2017, los megaincendios devastaron un área superior a las 500.000 hectáreas (capítulo 2), destruyendo distintas comunidades vegetales, como matorrales (36,8%), plantaciones de coníferas (*Pinus spp.*) (31,9%), bosques nativos (12,5%), plantación de hoja ancha (*Eucalyptus spp.*) (11,7%), pastizales (7,0%) y bosques mixtos (menos de 0,1%).

A nivel global, los incendios forestales representan una fuente significativa de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) y, de acuerdo al Ministerio del Medio Ambiente, los megaincendios de 2017 emitieron alrededor de 100 millones de toneladas de CO₂ equivalente. Considerando que para el año 2016 Chile emitió un total de 111,6 millones de toneladas de CO₂ equivalente a la atmósfera (por transporte, energía, agricultura y residuos), las emisiones de CO₂ de los megaincendios del 2017 equivaldrían a un 90% de esa cifra.



En este contexto, las emisiones de CO₂ asociadas a los megaincendios del 2017 se pueden comparar, aproximadamente, a 23 años de emisiones de CO₂ equivalente de todos los vehículos livianos de pasajeros en la Región Metropolitana de Santiago en el 2017. Consecuentemente, una política pública integral (capítulo 13) enfocada a mitigar las emisiones nacionales de GEI, deberá considerar, como uno de sus pilares centrales, la prevención, manejo y monitoreo de los incendios forestales, así como, la restauración con bosques nativos de las zonas impactadas.





Contribución a las emisiones de CO₂ por parte de cada comunidad vegetal: plantación de hoja ancha (*Eucalyptus ssp.*): 38,08%; plantaciones de conífera (*Pinus spp.*): 37,44%; matorrales: 16,40%; bosques nativos: 7,92%; pastizales: 0,15%; y bosques mixtos: menos del 0,1%.

Autores

Jorge Hoyos Santillán
Armando Sepúlveda Jáuregui
Mauricio Galleguillos
Laura Farías
Mauricio Osses
Andrés Ceballos
Antonio Lara

Impactos en la biodiversidad en la zona mediterránea de Chile

Los cambios de uso de suelo han llevado a nuestros ecosistemas mediterráneos a una condición de fragmentación y vulnerabilidad que amenaza su supervivencia. Los ecosistemas más afectados por este fenómeno son aquellos que presentan un grado de amenaza crítico, pudiendo llevarlos al colapso o extinción.

Los incendios son disturbios humanos frecuentes en la mayoría de los ecosistemas de Chile, lo que ha generado profundos efectos en su biodiversidad. Esta situación se ha vuelto particularmente crítica en los territorios de Chile Mediterráneo, donde se concentra la mayor cantidad de población y donde el régimen de precipitaciones y temperatura generan condiciones limitantes para el crecimiento y desarrollo de la vegetación, pero favorables para el desarrollo de actividades humanas. Esto ha generado un paisaje altamente fragmentado dado los procesos de cambio de uso y coberturas de suelo dominado por las transiciones agrícolas y las plantaciones forestales.

Pese a que Chile Mediterráneo ha sido declarado como uno de los 35 *hotspots* de biodiversidad mundial debido a su gran cantidad de especies endémicas, las zonas protegidas son escasas. Es más, muchos de los ecosistemas naturales se encuentran altamente amenazados según los criterios de clasificación de la Unión Internacional de la Conservación de la Naturaleza (IUCN, por sus siglas en inglés), siendo el criterio de pérdida de cobertura original la principal condicionante. Entre los ecosistemas amenazados se encuentran aquellos compuestos por especies arbóreas en peligro de extinción, tales como el ruil (*Nothofagus alessandrii*), queule (*Gomortega keule*) y pitao (*Pitavia punctata*), además de especies vulnerables como el hualo (*Nothofagus glauca*).

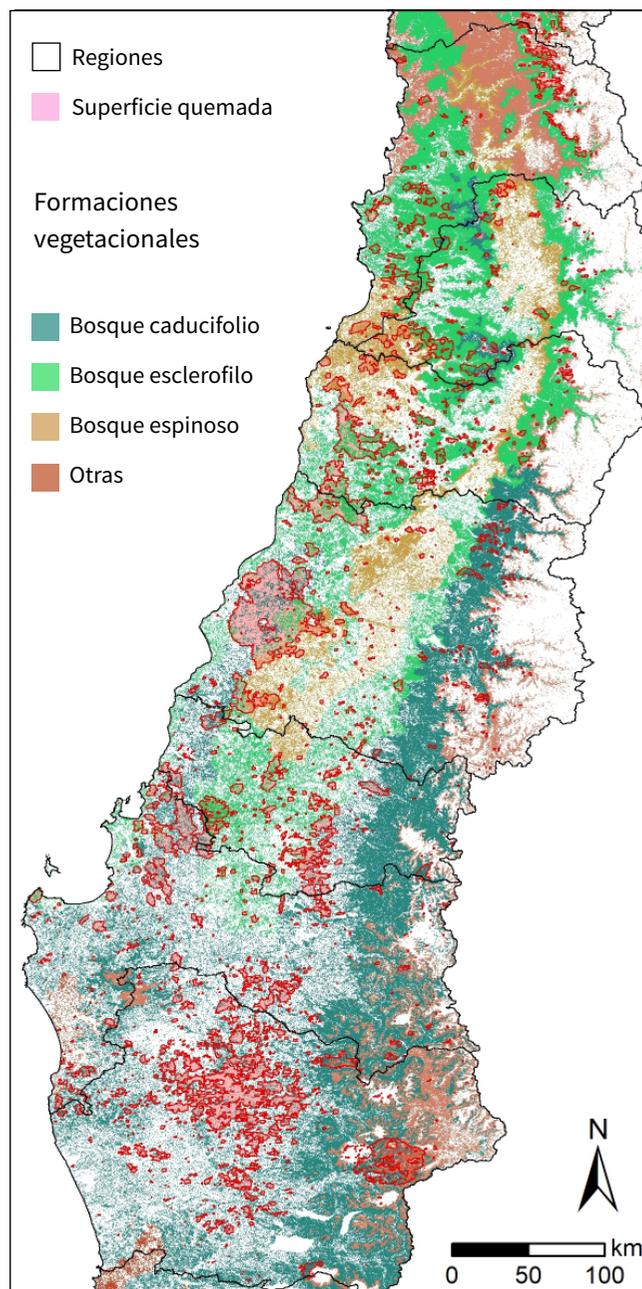


Figura 1. Cartografía de la superficie quemada, entre los años 2000 y 2018, sobrepuesto sobre mapa de formaciones vegetacionales potenciales.

En este contexto, los incendios potencian aún más las condiciones de amenaza de estos ecosistemas. En efecto, dentro de los ecosistemas en peligro crítico de amenaza, un 9% de la superficie de bosque caducifolio (aquel que pierde sus hojas) y un 18% del bosque esclerófilo (que tiene hojas todo el año y son tolerantes a la falta de agua) han sido quemados alguna vez durante este siglo (Figura 1, 2 y 3). De esta manera, un 47% de la superficie incendiada ha afectado algún ecosistema nativo en peligro crítico, lo que demuestra la gravedad de la situación que han vivido estos bosques (Figura 3).

Con respecto a la posibilidad de que se quemen, CONAF reporta que han ocurrido más de 55 mil focos de incendios en los bosques caducifolios que están en la categoría de peligro crítico, y sobre 28 mil en los bosques esclerófilos en la misma condición de amenaza, considerando un área de 25 km². Además, si consideramos la totalidad de ecosistemas en alguna categoría de amenaza, el 62% de los focos de incendios han ocurrido en ecosistemas que están en peligro crítico (Figura 4).

Estos números reflejan la alarmante condición de vulnerabilidad de los ecosistemas mediterráneos nativos de Chile frente a los incendios, por lo que urge tomar medidas que permitan garantizar la supervivencia de estos para las futuras generaciones.

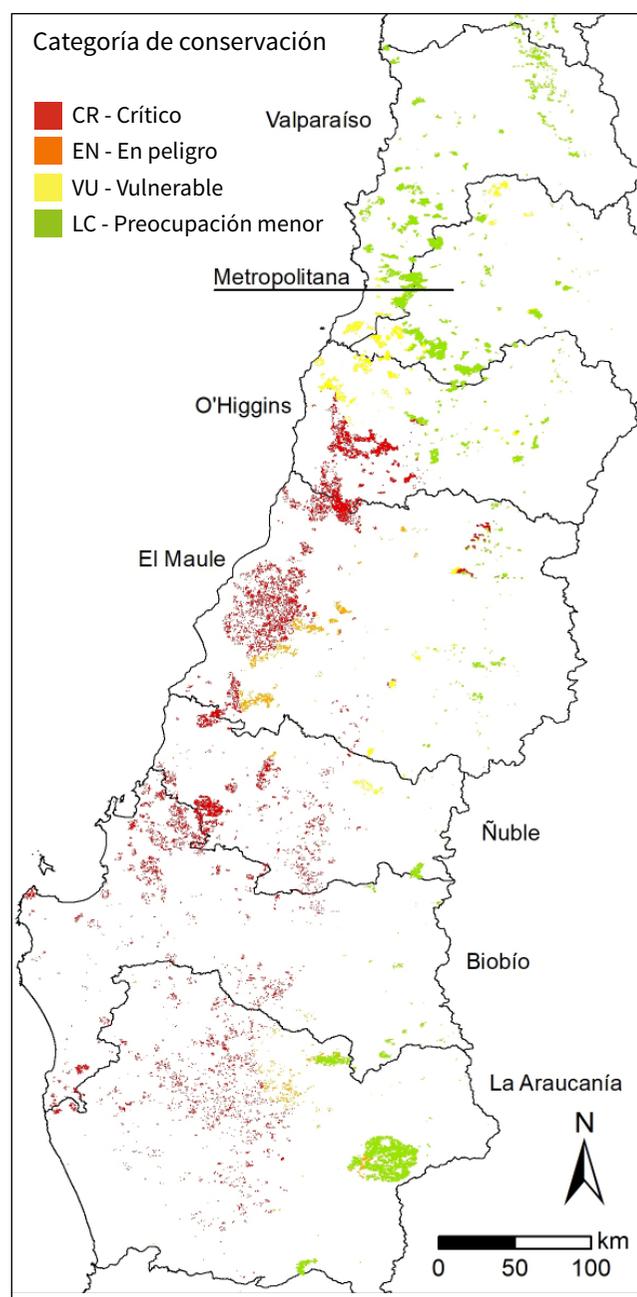


Figura 2. Cartografía de la superficie de bosque nativo remanente afectado por incendios, entre los años 2000 y 2018, según su categoría de amenaza. Los pisos vegetaciones y las categorías de IUCN fueron determinados de acuerdo a Luebert y Plis-coff (2018)

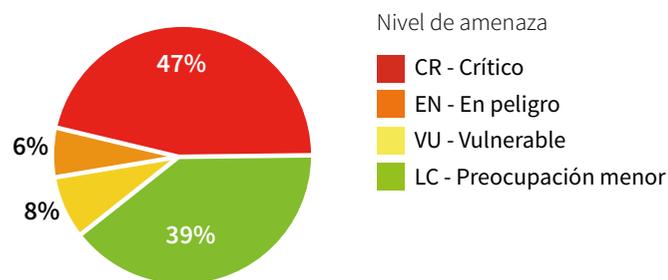
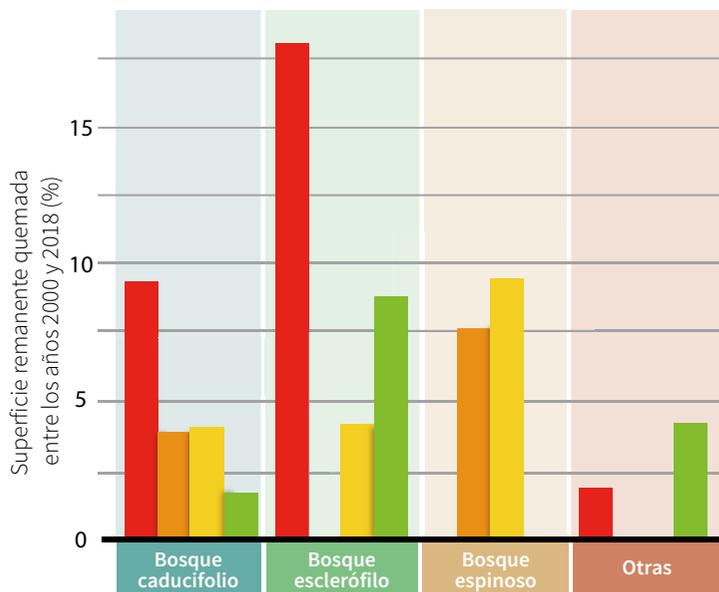


Figura 3. El gráfico de barras muestra el porcentaje de superficie quemada según: (1) El tipo de ecosistema nativo (caducifolio, esclerófilo, espinos, otras) y (2) sus categorías de amenaza (colores). En tanto, el gráfico circular muestra el porcentaje de superficie total quemada que ha afectado a ecosistemas nativos amenazados, de acuerdo a categoría de amenaza.

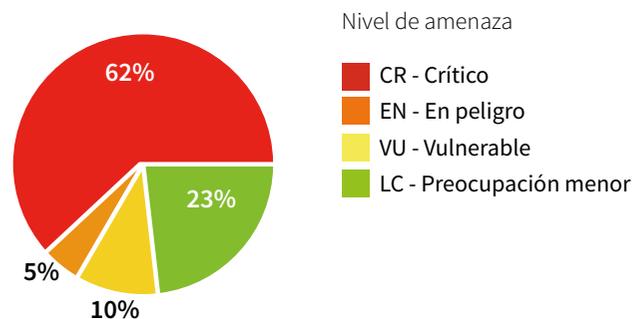
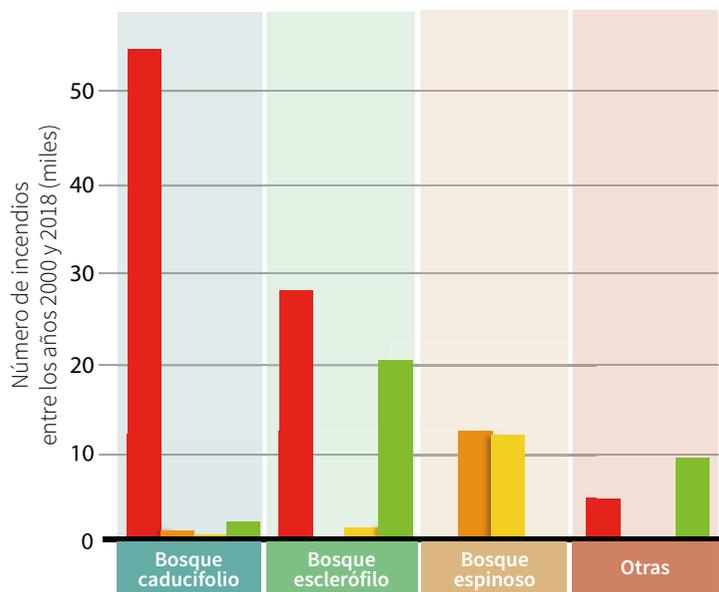


Figura 4. El gráfico de barras muestra la cantidad de incendios ocurridos en los ecosistemas nativos (caducifolio, esclerófilo, espinos, otras) que cuentan con categorías de amenaza (colores). En tanto, el gráfico circular muestra el porcentaje de focos de incendios totales que han ocurrido en los alrededores de ecosistemas nativos amenazados, de acuerdo a categoría de amenaza.

Autores

Mauricio Galleguillos
Iván Castillo
Macarena Moncada

Impactos económicos de los incendios forestales en Chile

Cuantificar los impactos económicos de los incendios forestales permite orientar las actividades asociadas con su prevención, mitigación y control hacia aquellas áreas de mayor relevancia para la sociedad desde un punto de vista social, económico y ambiental. La metodología dominante para la estimación de los impactos económicos de los incendios forestales es el método contable, que subestima significativamente los “verdaderos costos” al ignorar el impacto sobre la provisión de servicios ecosistémicos relevantes. Evitar la pérdida de los servicios ecosistémicos producto de incendios forestales conlleva un beneficio importante para la sociedad. Por tanto, se hace necesaria la inclusión de su valoración económica al momento de calcular los costos económicos asociados a estos incendios.

La cuantificación de los impactos económicos de los incendios forestales permite orientar las actividades asociadas con su prevención, mitigación y control hacia aquellas áreas de mayor relevancia para la sociedad. Dos metodologías pertinentes para esta cuantificación son: (1) metodologías “contables”, basadas en la contabilización de cantidades de recursos gastados en prevención, mitigación, supresión y en pérdidas de bienes valorados a precios de mercado, y (2) metodologías de “análisis económico”, basadas en la estimación de los impactos en el bienestar de las personas producto de cambios en la provisión de los servicios ecosistémicos originados tras los incendios. Si bien estas metodologías son complementarias y reflejan aspectos relevantes para la toma de decisiones, sus magnitudes de cuantificación de costos pueden diferir significativamente.

En Cuadro 1 se observa el porcentaje del presupuesto de CONAF destinado a cada una de las labores que la corporación desarrolla.

En Chile, tanto desde la perspectiva académica como desde la administración del Estado, prima una concepción contable de los impactos económicos de los incendios forestales. La información disponible sobre estos impactos está representada principalmente por los gastos incurridos por el Estado en el control de emergencias. Por ejemplo, durante la temporada de incendios 2017 se vieron afectadas alrededor de 570.000 hectáreas distribuidas en 12 regiones del país. Según información de CONAF, los costos incurridos por el Estado durante esa temporada ascendieron a USD 362,2 millones, lo que equivale a USD 635,3 por hectárea. La clasificación de estos costos incluye el combate de incendios (39%), la reconstrucción de viviendas (39%) y el apoyo a sectores productivos (16%), entre otros. Esta clasificación refleja la orientación contable de estas estimaciones, ya que no se consideran otros impactos relevantes, como el turismo, salud de las personas, pérdidas de biodiversidad, entre otros.

Ítem/ Año	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Corporación nacional forestal	20,520,516 28.23%	20,574,092 26.10%	19,919,091 24.97%	19,530,075 24.45%	20,193,068 23.46%	21,034,759 23.74%	20,079,778 21.72%	1,507,457 1.67%
Programa manejo del fuego	15,627,315 21.50%	20,107,890 25.51%	19,722,945 24.73%	19,807,474 24.80%	28,042,612 32.58%	27,501,292 31.03%	33,458,878 36.20%	21,134,710 23.47%
Áreas silvestres protegidas	12,649,346 17.40%	13,826,701 17.54%	15,160,133 19.01%	15,725,407 19.69%	16,360,108 19.01%	18,498,360 20.87%	17,961,582 19.43%	15,324,263 17.02%
Gestión forestal	16,734,178 23.02%	17,541,082 22.25%	19,180,188 24.05%	19,103,359 23.91%	19,409,843 22.55%	19,538,579 22.05%	19,349,840 20.93%	32,125,307 35.67%
Programa de arborización urbana	7,155,331 9.84%	6,774,146 8.59%	5,783,279 7.25%	5,718,234 7.16%	2,066,617 2.40%	2,043,249 2.31%	1,589,058 1.72%	19,963,004 22.17%
Total anual	72,686,686	78,823,911	79,765,636	79,884,549	86,072,248	88,616,239	92,439,136	90,054,741

Cuadro 1. Fuente: Elaboración propia utilizando información disponible en el sitio web de la Biblioteca del Congreso Nacional (2019).

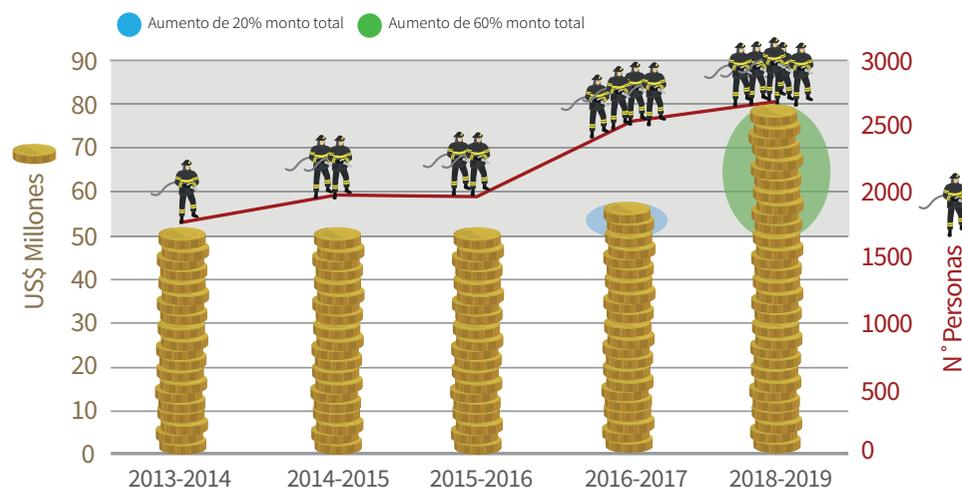


Figura 1. Evolución del uso de recursos financieros en temas vinculados a incendios forestales. Fuente: “Empresas Forestales Preparadas para incendios 2017-2018,” CORMA, octubre 2018.

En lo que respecta al gasto privado en incendios forestales reportados por la Corporación Chilena de la Madera (CORMA), durante la temporada de incendios 2017-2018 las empresas forestales aumentaron su inversión a casi USD 80 millones, un 60% más que a inicios de la temporada 2016. El número de personas dedicadas a prevención y combate aumentó en 700 en el mismo período, y el monto destinado a prevención se triplicó esa temporada, llegando a USD 18 millones. Además, según las memorias de las temporadas 2013-14, 2014-15, 2015-16 y 2016-17 de CORMA las principales empresas forestales destinan, en promedio, USD 50 millones a la prevención y combate de incendios (Figura 1).

Considerando la experiencia internacional, se concluye que la estimación de costos por hectárea realizada en Chile estaría significativamente subestimada al no incluir el impacto sobre flora, fauna, suelo, salud de las personas y otros servicios ecosistémicos relevantes. Estudios en Estados Unidos, incluyen no sólo los costos contables (costos de madera perdida, combate del incendio y pérdida de propiedades), sino también las pérdidas asociadas al turismo (método de análisis económico), costos en salud en vidas humanas y pérdidas de biodiversidad, llegando a una estimación del costo por

hectárea entre 4.500 y 16.000 dólares. Considerando un ajuste por el PIB per cápita de Chile, que es alrededor de un tercio del de Estados Unidos, el costo asciende a un rango entre 1.500 y 4.800 dólares por hectárea.

Estimar el costo total de los incendios forestales es una tarea compleja y los resultados de estas estimaciones deben estar sujetos al escrutinio científico y al análisis de los supuestos utilizados. Dado lo anterior, se concluye que es pertinente y urgente que tanto el Estado como el mundo académico puedan hacer una estimación más exhaustiva de los costos de este tipo de eventos extremos, ya que evitar el daño de los servicios ecosistémicos producto de los incendios genera un beneficio socioeconómico importante. Un análisis espacial que permita identificar áreas geográficas claves en la provisión de servicios ecosistémicos puede orientar los esfuerzos de prescripción¹ y extinción de los incendios con el fin de proteger aquellas áreas de mayor valor para la sociedad.

Autores

Felipe Vásquez Lavín
 Roberto Ponce Oliva
 Rodrigo Arriagada Cisternas
 Ernesto Guerra

¹ Este componente del Combate de Incendios Forestales se preocupa de asegurar de forma anticipada que las instituciones dispongan de todos los elementos necesarios para lograr con éxito el control y extinción de estos eventos.

El rostro humano de los incendios y la respuesta institucional

Capítulo 11

Impactos psicológicos y comunitarios

Capítulo 12

Percepciones, respuestas y resiliencia de la comunidad

Capítulo 13

El marco normativo en materia de incendios: entre la emergencia y la sectorialización





CAPÍTULO 11

Impactos psicológicos y comunitarios

Los incendios pueden generar traumas psicológicos, sintomatologías depresivas, ansiosas y altos niveles de estrés por períodos prolongados, afectando en múltiples niveles la vida de individuos, familias y comunidades completas. Estas últimas, además, pueden sufrir la amenaza del desplazamiento temporal o permanente, y el deterioro o desaparición de sus redes internas, lo que incrementa su percepción de vulnerabilidad y abandono. Se requieren programas de apoyo psicosocial sistemáticos y de largo plazo para las comunidades afectadas, de enfoque familiar y comunitario, coordinados y contextualizados localmente.

Los incendios constituyen desastres socioambientales cuyos impactos trascienden ampliamente las pérdidas materiales y económicas. La zona centro-sur del país es de las más afectadas por este tipo de fenómenos. Estudios desarrollados por equipos del (CR)2 en Valparaíso, y en conjunto con el Programa de Reducción de Riesgos y Desastres CITRID en La Gloria (Región de O'Higgins), evidencian la magnitud y alcance de los impactos psicológicos y comunitarios que pueden generar eventos de este tipo, y cómo sus consecuencias se distribuyen desigualmente al estar asociadas a las condiciones de vulnerabilidad socioambiental previas, y al grado de exposición en que se encuentran comunidades que conviven con la amenaza de que un incendio ocurra o vuelva a ocurrir en el territorio que habitan.

Los casos de estudio muestran que los incendios producen diversos impactos psicológicos y comunitarios que pueden llegar a ser más severos que los de un gran terremoto, y más duraderos que los daños materiales. Dichos impactos se asocian a la muerte de familiares o conocidos, al daño material que en muchos casos es total, a la desarticulación temporal de las familias y redes comunitarias, la pérdida de empleos, el desplazamiento forzado, la destrucción de espacios comunes, la multiplicidad de conflictos sociales que se generan o potencian durante o después del incendio, y el hecho de que las respuestas desde distintos sectores -al menos en los casos estudiados- tienden a ser desarticuladas e insuficientes dadas las características de este tipo de desastres.

Los impactos mencionados se traducen en que tanto a nivel individual como familiar la experiencia de vivir un incendio de gran magnitud puede constituir un trauma, produciendo un impacto severo y prolongado en el tiempo a nivel de salud mental, el que afecta la cotidianidad y se expresa mediante crisis de angustia, altos niveles de estrés, incertidumbre, depresión y miedo constante. Además, la destrucción del ambiente natural puede generar profundos sentimientos de duelo asociados a la pérdida de identidad territorial y la transformación del hábitat cotidiano.

TESTIMONIO

“Es una amargura tan grande perder todos los años de sacrificio... mi tío me decía que él no tenía ni fotos, “no tengo recuerdos me decía”... se le quemó todo, hasta el dinero... porque no lo dejaron entrar a sacar la caja que tenía con su dinero y se quemó hasta el dinero” (Mujer, sector Huilmo)



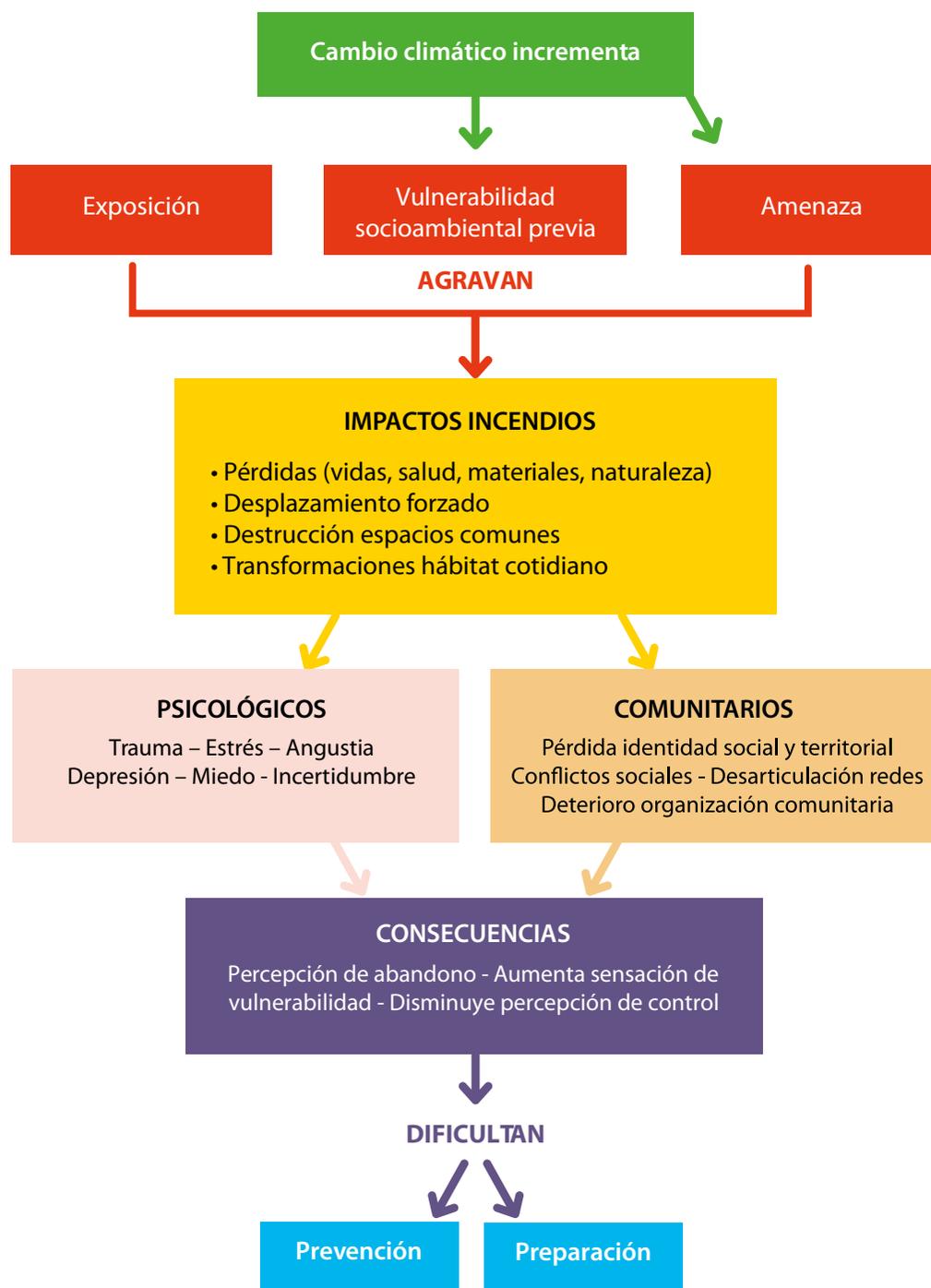


Figura 1. Impactos psicológicos y comunitarios asociados a los incendios. El incremento en la frecuencia e intensidad de los incendios aumenta la vulnerabilidad de comunidades más pobres, multiplicando los impactos en la salud mental y comunitaria. Esto puede tener una incidencia negativa en la disposición para desarrollar planes de prevención y preparación frente a estos eventos

A nivel comunitario, si bien la solidaridad y la cooperación emergen espontáneamente al momento del incendio, constituyendo recursos fundamentales para mitigar sus impactos, la magnitud del desastre puede llegar a tener severas repercusiones en la salud mental de la comunidad, incrementar la percepción de abandono por parte del Estado y aumentar la sensación de vulnerabilidad frente a una amenaza con la que se tiene que convivir diariamente. Al mismo tiempo, se tienden a producir múltiples conflictos internos, generalmente asociados a problemas en la distribución de ayudas, los que deterioran la organización y las relaciones comunitarias, y merman la confianza entre vecinos y hacia los servicios públicos involucrados. En el caso de los desplazamientos temporales o permanentes, las comunidades y sus redes de cooperación son literalmente desarticuladas.

Por otra parte, para quienes han sido afectados indirectamente o han experimentado de cerca un incendio, se genera una dinámica de convivencia con el riesgo donde se instala la sensación de que una catástrofe puede ocurrir en cualquier momento. Esto puede constituir un factor de estrés y generar altos niveles de preocupación que no necesariamente propiciarán acciones de prevención, sobre todo si la comunidad percibe que tiene limitadas o nulas posibilidades de prevenir o prepararse frente a estos eventos.

Dado todo lo anterior, y considerando que el cambio climático puede incrementar la frecuencia e intensidad de los incendios (capítulo 5), se requiere desarrollar programas de apoyo psicológico continuo, especialmente para las comunidades afectadas, que consideren los impactos en la salud mental individual

y comunitaria, y la recuperación del ambiente natural a partir del vínculo que las personas establecen con éste. Para incrementar su impacto, estos programas requieren ser parte de un plan permanente y coordinado a nivel local que enfatice tanto la prevención como la reconstrucción. Se hace evidente también la necesidad de diseñar instrumentos que permitan cuantificar los impactos en la salud mental causados por los incendios. De esa manera, se puede contribuir a visibilizar esta problemática y, al mismo tiempo, evaluar los programas que se implementen para avanzar en el diseño de intervenciones más efectivas.

Autores

Rodolfo Sapiains
Paulina Aldunce
Ana María Ugarte

Estudiantes y asistentes (CR)2

Germán Marchant
Javier Romero
Valentina Inostroza

Colaboradoras CITRID

Sonia Perez
Fernanda Flores
Valentina Stark



CAPÍTULO 12

Percepciones, respuestas y resiliencia de la comunidad

Los habitantes que sufren un incendio despliegan diversas acciones de respuesta, algunas logran securizarlos y protegerlos, pero otras los exponen a mayor daño y riesgo, incluso de perder la vida. La eficacia de las respuestas de una población frente a un incendio depende de acciones individuales, familiares, comunitarias, del aparato público y privado; es decir, no sólo se explica por la capacidad y resiliencia de las personas afectadas. Para que exista resiliencia de parte de las comunidades se requiere que la prevención sea parte de políticas de planificación territorial, de superación de la pobreza y seguridad ciudadana, y que se incorpore activamente a la ciudadanía, reconociendo sus saberes y experiencias en el territorio que habitan.

Tras las investigaciones realizadas en Valparaíso y La Gloria (capítulo 11), se reconocieron las percepciones, respuestas y capacidades de resiliencia de estas comunidades ante los incendios. Las causas de este tipo de desastres se pueden atribuir a actos de negligencia (mal manejo de la basura, conductas irresponsables con el fuego), acciones intencionales (pirómanos, actos de vandalismo) y a factores naturales o accidentales. Muchas de estas causas son difícilmente controlables por quienes habitan estos territorios, y suelen estar asociadas a situaciones de pobreza y a la ocupación de zonas de interfaz urbano-rural altamente expuestas y sin planificación para prevenir y enfrentar este tipo de desastres. En este contexto, la convivencia con el riesgo de un incendio es cotidiana.

Múltiples barreras psicológicas, comunitarias y estructurales influyen las respuestas que se pueden desplegar desde estos territorios (Figura 1). Frente a la prevención, la baja percepción de control sobre el problema resulta muchas veces en la creencia de que nada se puede hacer y que solo es cuestión de tiempo para que un nuevo desastre ocurra. El individualismo, la cultura asistencialista y la desconfianza entre vecinos y hacia las autoridades dificultan las posibilidades de autoorganización y desarrollo de planes participativos. En la emergencia, la falta de información clara sobre qué hacer, cuándo, a quién preguntar o escuchar, y a través de qué medio, obstaculiza las acciones que las personas pueden desplegar. Por ejemplo, en el caso de La Gloria, muchas respuestas llevadas a cabo por sus habitantes aumentaron el riesgo, como el no querer o no saber cuándo abandonar sus hogares, quedarse a combatir el fuego sin las herramientas adecuadas, tratar de proteger a sus mascotas o animales sin ningún plan,

no poder tomar decisiones debido al miedo, la tristeza o la desesperación, o querer salvar la mayor cantidad de pertenencias con valor material o simbólico.

En general, tanto en la emergencia como en los procesos de reconstrucción y en las escasas experiencias de prevención, las comunidades estudiadas reportaron la fragmentación y descoordinación del accionar de distintos actores, como los servicios públicos, organizaciones sociales, universidades y grupos de voluntarios de la sociedad civil. Estos esfuerzos, muchas veces no planificados, y con recursos económicos y humanos insuficientes, tendieron a concentrarse en mejoras de infraestructura y bienes durante los primeros días, semanas o meses posteriores al desastre, frecuentemente sin continuidad ni focalización, y con pocas posibilidades de implementar planes de prevención, dada la urgencia por solucionar problemas inmediatos asociados a las pérdidas materiales.

En este escenario, la identificación y fortalecimiento de los recursos locales resulta fundamental, pues como muestran los casos estudiados, pueden ayudar a salvar vidas y disminuir los impactos de un incendio. Esto incluye el reconocimiento de líderes que mantienen comunicada y organizada a la comunidad, las redes comunitarias que permiten la ayuda solidaria, el conocimiento local de quienes viven por más tiempo en el sector, y el vínculo afectivo con el territorio y su protección. Las comunidades locales han de ser pilares fundamentales para la creación de planes de prevención, preparación y de respuesta, impulsando un mayor compromiso y empoderamiento frente al problema, y no ser tratadas sólo como víctimas, beneficiarios de servicios o receptores de ayuda.

En la misma línea, para la construcción de capacidades resilientes resulta clave que las comunidades no actúen aisladamente, sino en coordinación con el gobierno local, junto a otras organizaciones y servicios. Las comunidades demandan claridad sobre cómo prevenir y qué hacer durante un desastre, para lo cual es necesario favorecer diálogos que integren el saber y experiencias locales con el conocimiento experto, para generar planes con información contextualizada, concreta, y en un lenguaje y formato que sea accesible. Por otra parte, se requiere desarrollar entrenamientos participativos que incluyan simulacros como fuente de aprendizaje para proyectar acciones eficaces e implementar medidas correctivas oportunamente.

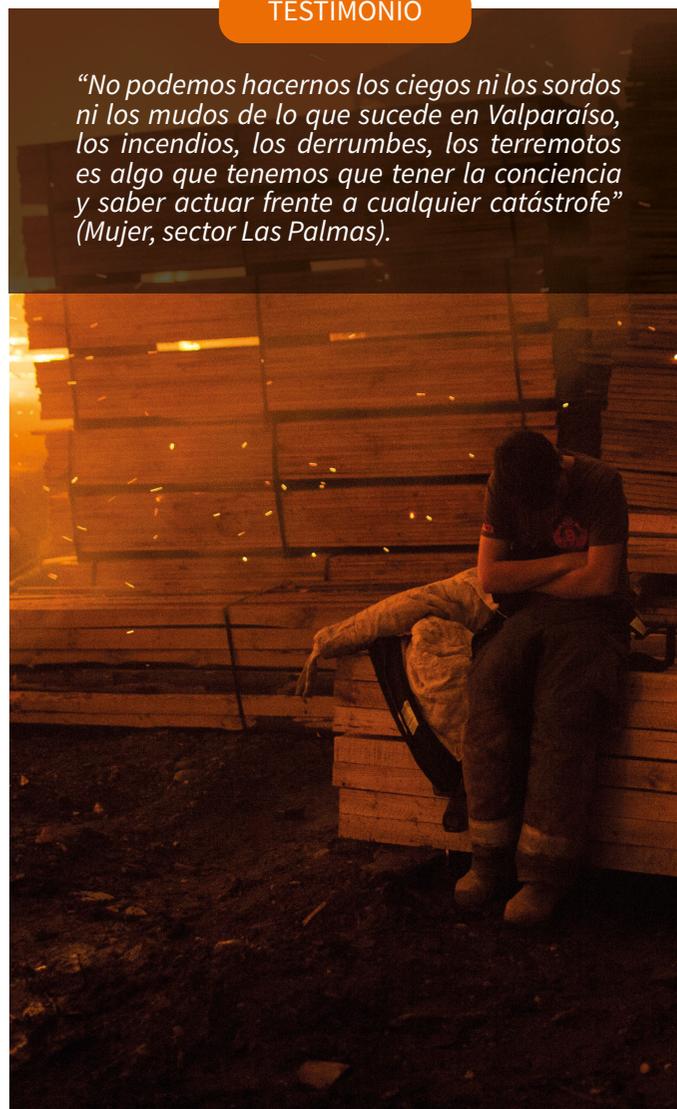
Las distintas estrategias, programas y acciones necesitan ser articulados de modo sistemático y permanente, integrando los esfuerzos públicos y privados para la preparación, prevención, mitigación y respuesta frente a incendios a nivel local. Esfuerzos como los desarrollados por la Municipalidad de Valparaíso para elaborar de modo participativo un plan maestro para la gestión de riesgo de incendios apuntan en esta dirección, y requieren ser fortalecidos y difundidos. Al mismo tiempo, el Comité de Operaciones de Emergencia (COE) es una instancia cuyo rol puede facilitar la coordinación horizontal y vertical, fomentando un trabajo colaborativo, evitando duplicaciones, caos en las respuestas y competencia por recursos escasos.

Se recomienda que los incendios sean integrados a los procesos de planificación territorial y en el diseño de las ciudades, y ser considerados en políticas públicas de reducción de la pobreza y seguridad ciudadana, pues, como en el caso de Valparaíso, la drogadicción,

delincuencia y manejo de la basura, operan como barreras adicionales para el trabajo comunitario en la prevención de este tipo de desastres.

TESTIMONIO

*“No podemos hacernos los ciegos ni los sordos ni los mudos de lo que sucede en Valparaíso, los incendios, los derrumbes, los terremotos es algo que tenemos que tener la conciencia y saber actuar frente a cualquier catástrofe”
(Mujer, sector Las Palmas).*



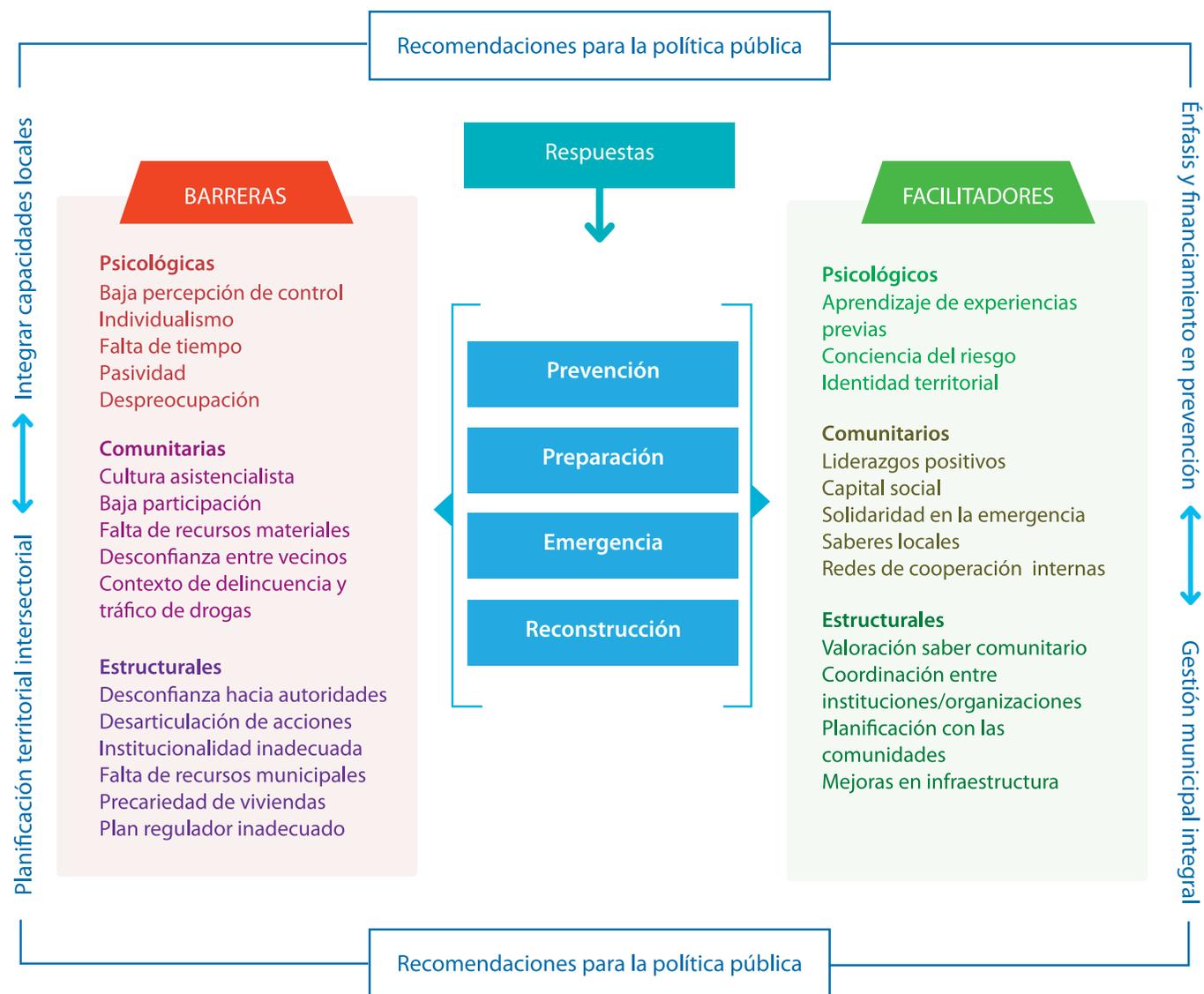


Figura 1. Barreras y facilitadores psicológicos, comunitarios y estructurales que intervienen en las respuestas que se pueden desplegar en las etapas de prevención, preparación, emergencia y reconstrucción. Se recomienda incorporar estos factores en la política pública, poniendo particular énfasis en la prevención de incendios y en la coordinación de las acciones a desarrollar desde distintos sectores.

Autores

Rodolfo Sapiains
Paulina Aldunce
Ana María Ugarte

Estudiantes y asistentes (CR)2

Germán Marchant
Javier Romero
Valentina Inostroza

Colaboradoras CITRID

Sonia Perez
Fernanda Flores
Valentina Stark

CAPÍTULO 13

El marco normativo en materia de incendios: entre la emergencia y la sectorialización

En Chile existe dispersión institucional en incendios forestales. El modelo no posee un énfasis preventivo, pues se focaliza en su combate y sólo cuando éstos se transforman en una emergencia o catástrofe aparece la necesidad de integrar a organismos públicos. A diferencia de lo que ocurre en leyes modernas de otros países, Chile no avanza lo suficiente en instrumentos para lograr paisajes resilientes.

Hace años que la discusión sobre megaincendios viene tomando relevancia debido a las emergencias que provocan. Sin ir más lejos, cada cierto tiempo la Cámara de Diputados conforma Comisiones Investigadoras al respecto, como en 1999, 2012 y 2017. Sin embargo, se termina sólo discutiendo la fragmentación normativa e institucional existente, y formulando recomendaciones.

El actual modelo descansa, básicamente, sobre dos instituciones: la CONAF y la Oficina Nacional de Emergencia del Ministerio del Interior y Seguridad Pública (ONEMI), pero no operan de manera integrada. Para que esto suceda, el incendio debe contar con una magnitud que provoque una catástrofe y, luego, sólo se focalizarán en su extinción. El Decreto Supremo N°733 de 1982, señala que la prevención y combate a los incendios es responsabilidad del Ministerio de Agricultura, a través de la CONAF, y sólo cuando son de extensión se deben coordinar con las autoridades regionales, locales y de emergencia, cuestión que será posible exclusivamente siempre que haya “emergencias, desastres o catástrofes” de acuerdo con el Plan Nacional de Emergencia de 2017.

Por otra parte, cuando el incendio es de gran magnitud y se establece que la emergencia es compleja o tiene nivel de desastre, se activa el Plan Específico de Emergencia por Variable de Riesgo Incendios Forestales. Pero esto sucederá siempre que, además: (a) se decrete alerta amarilla o roja, (b) ocurran en áreas forestales próximas que amenacen población o instalaciones críticas, (c) se afecten áreas silvestres protegidas o (d) a petición fundada de un organismo perteneciente al Comité de Operaciones de Emergencias (COE) Regional. En este último caso, deberán intervenir más de 15 organismos, coordinados, hasta ahora, mediante escasas normas y simples protocolos (Tabla 1).

Las causales que permiten decretar las alertas y que la CONAF solicite recursos adicionales a la ONEMI, son: (a) el comportamiento extremo del incendio forestal, (b) que la interfaz urbano-rural no esté definida (en metros), y (c) que se vean afectados los bosques de las áreas “formalmente” protegidas (Tabla 2). A su vez, a la hora de responder a la emergencia el protocolo considera una escala de prioridades, en la que las áreas con personas y viviendas están en primer lugar, luego los ecosistemas protegidos, los bosques nativos y plantaciones forestales y, finalmente, los terrenos de uso agrícola o ganadero.

Categoría	Organismo específico	Rol
INTEGRANTES DEL COMITÉ NACIONAL DE OPERACIONES DE EMERGENCIA (CNOE)	M. Interior y Seguridad Pública	Mando de coordinación con el soporte de Intendentes, Gob. Regionales, Gobernadores y Municipios
	M. de Defensa	Colaborador
	M. de Salud	Colaborador
	M. de Transportes y telecomunicaciones	Colaborador
	M. de OO.PP	Colaborador
	M. de Energía	Colaborador
	Estado Mayor Conjunto	Colaborador
	Carabineros de Chile Policía de Investigaciones	Colaborador Colaborador
ORGANISMOS TÉCNICOS VINCULADOS A EVENTOS POR INCENDIOS FORESTALES	CONAF	Mando técnico en Incendios y en CNOE
	Ministerio de Agricultura	Mando técnico en Incendios y Asesor Técnico en CNOE
	Dirección meteorológica de Chile	Asesor Técnico (ídem en CNOE)
	Dirección General de Aeronáutica Civil	Colaborador (ídem en CNOE)
	Bomberos de Chile	Colaborador (ídem en CNOE)
RESTO DE INSTITUCIONES INTEGRANTES DEL SISTEMA NACIONAL DE PROTECCION CIVIL	M. de Energía	Según el Plan Nacional de Emergencia
	MINTRATEL	
	M. de RR.EE	
	Bienes Nacionales	
	MMA M. del Deporte	

Tabla 1. Instituciones competentes para respuesta ante incendio de gran magnitud

Causales Alerta amarilla	Causales Alerta roja
Incendio forestal que por su dirección y distancia, anticipa una amenaza a personas, viviendas, centros poblados y/o infraestructura crítica.	Amenaza inminente a personas, viviendas, centros poblados y/o infraestructura crítica.
Comportamiento extremo del fuego en incendio (s) en desarrollo.	
Proyección de fuego hacia un área protegida o a una distancia entre 4.000 o 2.000 metros.	Incendios en el interior de áreas silvestres protegidas o a una distancia menor a 2.000 metros de éstas.
Incendios forestales que se desarrollan al mismo tiempo, concentrando los recursos de combate disponibles en la región y anticipando carencias de medios para responder a nuevos focos.	Insuficiencia de recursos de combate aéreo y terrestre de CONAF regional e imposibilidad de apoyo oportuno de nivel nacional.

Tabla 2. Causales para decretar alerta por incendio forestal

Es irónico que la Política Forestal 2015-2035 se refiera a la “prevención” de los incendios forestales, siendo que, en la práctica, la principal regulación preventiva que existe es la Ley Anual de Presupuestos a consecuencia del Programa de Manejo del Fuego en la CONAF, en cuya glosa se establece como obligación la de informar a la: “Comisión Mixta de Presupuestos acerca de las acciones de prevención de incendios en zonas de interfaz de bosques con ciudades y sectores urbanos”. Esta regulación en la ley anual de presupuestos, la cual tiene otro propósito y que es reportada ante una autoridad improcedente para conocer de estos asuntos, se ha incorporado anualmente en dicha ley desde el año 2017.

En este mismo contexto, es urgente analizar la política pública en materia de incendios desde la perspectiva del diseño de los denominados “paisajes resilientes”, es decir, una planificación territorial global que permita abordar riesgos de un modo adaptativo, reduciendo la homogeneidad del paisaje. Esto incidiría en la gestión de la propiedad no sólo desde el punto de vista urbanístico, sino también de otras actividades, como la regulación de plantaciones forestales en el contexto de un ordenamiento territorial general, para lo cual pueden ser útiles las nuevas

regulaciones aprobadas mediante la Ley N°21.074 en materia de Planes Regionales de Ordenamiento Territorial (PROT). Junto con esto, otro desafío es el saber cómo vincular de manera legal el problema de los megaincendios ante el cambio climático, de tal manera que las propuestas normativas para el desarrollo de instrumentos legales sean más que un establecimiento de reglas para abordar catástrofes.

En el caso de Chile, desde hace algunos años están emergiendo normativas que integran la temática de cambio climático a las normativas de gestión de riesgo y viceversa. Para el caso específico del ámbito de la política pública de cambio climático en nuestro país, se incluyen acciones relacionadas explícitamente con incendios forestales en el Plan de Acción Nacional de Cambio Climático 2017-2022 y en los planes sectoriales de adaptación de Ciudades, Salud y Biodiversidad.

Revisadas las leyes de cambio climático dictadas hasta ahora en el mundo, 11 hacen alusión expresa a las olas de calor o a los incendios con un énfasis preventivo. Así, por ejemplo, se obliga a incluir a las olas de calor en los Planes de Prevención y en el Sistema de Alerta Temprana. En incendios, se usan distintas fórmulas: que el “riesgo” de incendios sea asumido en el Plan Nacional de Adaptación al cambio climático o en planes estratégicos institucionales o Planes de Prevención y combate específicos “de incendios”, etcétera. Es importante destacar que estos planes deben ser elaborados no sólo con la mirada sectorial forestal sino también la ambiental. Además, se consideran medidas especiales como eliminar los tipos de plantaciones más inflamables, asumir el riesgo de incendio en la interfaz urbano-rural en la ley de suelos, que las edificaciones sean más resistentes o que la entrega de subsidios agropecuarios y ambientales, se haga con aquellos que impliquen medidas tendientes a evitar y combatir incendios.

Autores

Luis Cordero Vega
Verónica Delgado Schneider
Paulina Aldunce Ide



Megaincendios de 2017: eventos extremos en múltiples dimensiones y escalas

Martín Jacques-Coper

Roberto Rondanelli

Mauro E. González

Verónica Delgado

René Garreaud

Mauricio Galleguillos

Rodrigo Arriagada

Jorge Hoyos

Armando Sepúlveda

Laura Farías

Antonio Lara

Paulina Aldunce

Christian Little

Carlos Zamorano

Los megaincendios de 2017, cuya intensidad sin precedentes en el país es comparable a los eventos más intensos registrados en el planeta, fueron el resultado de una excepcional conjunción de factores: condiciones climáticas y meteorológicas extremas en diversas escalas de tiempo y espacio, ignición humana accidental e intencional, y un uso de suelo dominado por extensas plantaciones forestales con una alta carga de combustible.

El Estado no cuenta con la institucionalidad ni la adecuada integración entre organismos públicos para enfrentar eventos de esta magnitud, cuya ocurrencia se espera en el futuro. Así, el país debe avanzar en una institucionalidad que fortalezca su estrategia en la prevención de incendios y en el diseño de paisajes resilientes, mediante un ordenamiento territorial que promueva la heterogeneidad del paisaje.

Con 570.196 hectáreas quemadas, la temporada de incendios 2016-2017 ha sido la más severa reportada desde que existen registros (1964-2019, estadísticas de CONAF). La cifra supera en más de cuatro veces a la temporada que le sigue (128.654 hectáreas en 2014-2015), y es diez veces superior al promedio histórico del país (54.500 hectáreas en 1976-2016; CONAF).

A modo de comparación, dicha superficie corresponde, aproximadamente, a un 20% del tamaño de la Región del Maule. Sin embargo, el número total de incendios no fue significativamente distinto al de otros años y diez eventos concentraron el 61% del área quemada. En particular, el megaincendio de “Las Máquinas” en la región del Maule (que se inició el 20 de enero y fue controlado el 9 febrero de 2017), quemó 160.000 hectáreas, tratándose de la mayor superficie quemada en un solo evento en los últimos cincuenta años. De hecho, los megaincendios simultáneos que afectaron las regiones comprendidas entre O’Higgins y Biobío destacaron por presentar algunos de los focos de mayor intensidad a nivel global en 15 años de mediciones desde los satélites MODIS-NASA.

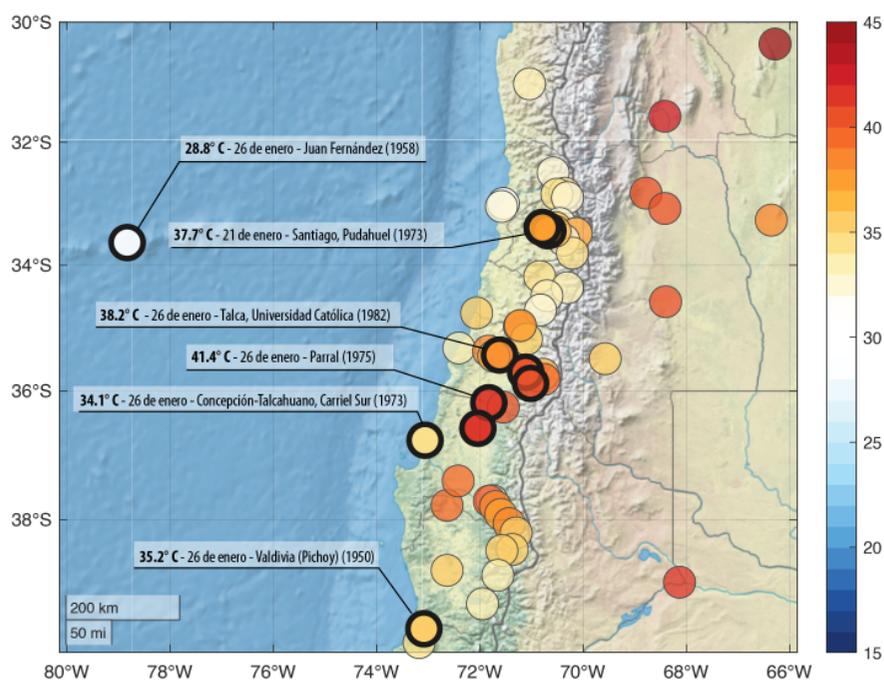
La trilogía que explica los megaincendios del 2017: clima, acción humana y vegetación

Clima y meteorología

A pesar de que las causas de los incendios de 2017 no son enteramente atribuibles a factores físicos (capítulos 5 y 6), los forzantes climáticos y meteorológicos registraron valores máximos históricos. En una escala climática de décadas, los incendios ocurren en el contexto de la denominada “megasequía”, el periodo seco más prolongado en Chile central desde que existen registros y que se ha extendido desde 2010 a la fecha. Este fenómeno ha contribuido al secamiento de la cubierta vegetal y, por ende, a una mayor susceptibilidad a la ocurrencia y propagación de incendios.

Agregándose al efecto de la megasequía, otros ingredientes meteorológicos extremos se sincronizaron para producir temperaturas máximas extremas, especialmente durante la última semana de enero de 2017, (Figura 1). Como se detalla en el Recuadro 1, los ingredientes meteorológicos que facilitaron estos megaincendios fueron desde la mesoescala atmosférica (decenas de kilómetros y pocas horas) hasta la escala planetaria (varios días y decenas de miles de kilómetros).

Figura 1. Temperaturas máximas registradas durante la temporada de enero-febrero 2017 en Chile central y sur. Los círculos con borde negro son de aquellas estaciones meteorológicas cuyas máximas rompieron el récord absoluto de sus registros históricos, de acuerdo al registro del Explorador Climático del (CR)2. Entre paréntesis se ve el año en que dichas estaciones comenzaron a funcionar. Datos: Dirección General de Aguas, Dirección Meteorológica de Chile, Agromet, CEAZA-Met.



La trilogía que explica los megaincendios del 2017: clima, acción humana y vegetación

Incendios antrópicos temporada 2016 -2017

32%
intencionales

63%
accidentales



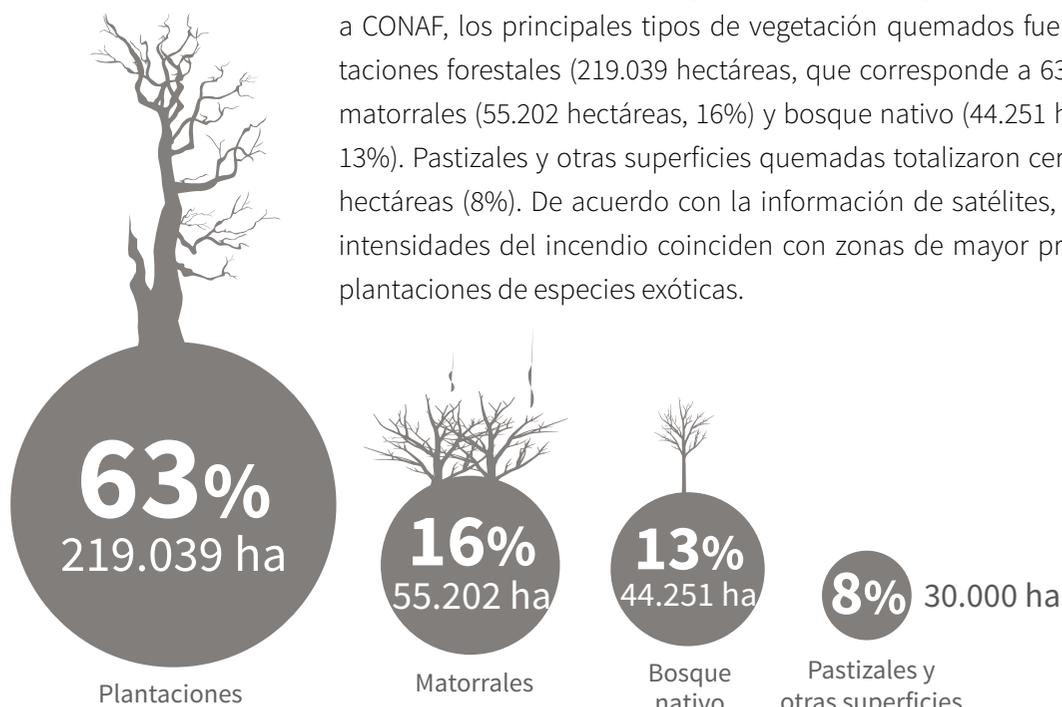
Incendios antropogénicos

En la temporada 2016-2017, los incendios originados por acción humana alcanzaron un 95%, con el restante 5% atribuido a causas naturales y sin determinar. De los incendios causados por humanos, un 63% fueron accidentales (relacionados a faenas forestales y agrícolas, actividades recreativas, tránsito de personas y vehículos, entre otras causas), y un 32% fueron intencionales.

En el verano de 2017, diez megaincendios (con un área superior a 10.000 hectáreas) quemaron, en tan sólo tres semanas, una superficie cercana a las 350.000 hectáreas entre las regiones de O'Higgins y Biobío. De estos, ocho se iniciaron por causas humanas (cuatro accidentales y cuatro intencionales) y dos por causa desconocida.

Cobertura forestal

La gran extensión, homogeneidad, carga e inflamabilidad del material combustible de los monocultivos forestales y matorrales esclerófilos, favorecieron la severidad y propagación de estos megaincendios. De acuerdo a CONAF, los principales tipos de vegetación quemados fueron las plantaciones forestales (219.039 hectáreas, que corresponde a 63% del total), matorrales (55.202 hectáreas, 16%) y bosque nativo (44.251 hectáreas, un 13%). Pastizales y otras superficies quemadas totalizaron cerca de 30.000 hectáreas (8%). De acuerdo con la información de satélites, las máximas intensidades del incendio coinciden con zonas de mayor prevalencia de plantaciones de especies exóticas.



Principales impactos sociales, económicos y ambientales

Impacto psicológico: el caso de la comunidad La Gloria (Región de O'Higgins)

Los incendios pueden producir impactos sociales profundos, y un ejemplo de esto es lo vivido en la comunidad de La Gloria, ubicada en la Región de O'Higgins. Durante los incendios en el verano de 2017 hubo gran afectación de los espacios comunitarios y veinte familias tuvieron pérdidas en casi la totalidad de sus viviendas y bienes personales.

Los impactos vividos por esta comunidad se expresaron tanto a nivel personal como comunitario. A raíz de esto, surgieron aspectos positivos como la solidaridad, la empatía y la cooperación. Sin embargo, también estos incendios tuvieron importantes y diversos impactos negativos asociados a la desarticulación temporal de las familias y redes comunitarias, el debilitamiento y fragmentación del tejido social, la aparición o profundización de conflictos sociales y la destrucción de espacios comunes y pérdida de empleos o medios de subsistencia, entre otros.

El efecto en las personas se expresó principalmente a través de traumas y afectación a la salud mental, que desembocaron en crisis de angustia, estrés, incertidumbre, confusión, pena, depresión y miedo. Los impactos también se expresaron a través de sentimientos de duelo, por ejemplo, asociados a la destrucción de su hábitat.

Costos económicos

Considerando los múltiples impactos de los megaincendios de 2017, queda en evidencia la alta vulnerabilidad de las áreas protegidas frente a estas catástrofes extremas, al igual que la de las actividades turísticas en las zonas afectadas. Además, se constata el impacto en el sistema urbano y sus habitantes, incluyendo la interrupción de actividades económicas, los efectos en la salud de la población y las pérdidas humanas.



Principales impactos sociales, económicos y ambientales



243.000 millones pesos chilenos

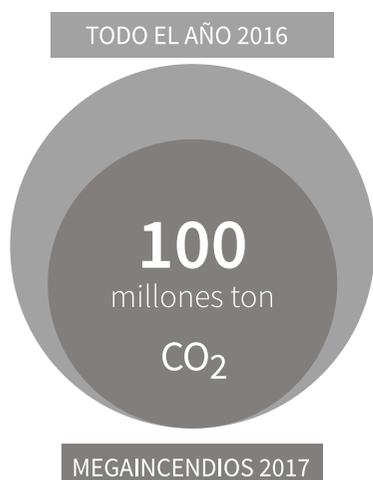
Los costos directos en que incurrió el Estado durante los megaincendios de 2017 bordearon los 243.000 millones de pesos chilenos (cerca de 352 millones de dólares). De éstos, casi el 78% corresponde a costos asociados al combate y reconstrucción de viviendas, seguido por los costos del apoyo a la recuperación de sectores productivos. Considerando las casi 570.200 hectáreas quemadas reportadas por CONAF, el costo promedio ascendería, aproximadamente, a 426.000 pesos (USD 636) por hectárea quemada.

Este valor es una subaproximación del verdadero costo económico, debido a que para este análisis solo se incluyen los costos incurridos por el Estado, considerados, además, desde una perspectiva “contable”. Es decir, no consideran, por ejemplo, la pérdida de once vidas humanas, la disminución en la provisión de servicios ecosistémicos, pérdidas de biodiversidad, y la interrupción en el desarrollo de actividades productivas.

Contaminación y emisiones de CO₂

Los megaincendios de 2017 produjeron grandes emisiones de CO₂ y partículas que se estiman en 100 millones de toneladas de CO₂ equivalentes (CO₂eq), lo que corresponde al 90% de la totalidad de las emisiones nacionales de CO₂eq (considerando todos los sectores) del año 2016 (ver capítulo 8). Además, altas concentraciones de material particulado se registraron a lo largo de todo Chile central.

El espesor óptico de aerosoles (una medida de la opacidad atmosférica) alcanzó altos valores en una zona amplia del Pacífico frente a Chile producto del transporte de contaminantes por varios miles de kilómetros en los días siguientes a los megaincendios.



Principales impactos sociales, económicos y ambientales

Impacto de los incendios en los bosques nativos de la región del Maule

Tras los megaincendios de 2017, se estima que cerca del 34% de la superficie remanente del bosque maulino costero -fuertemente amenazado- resultó afectada por el fuego. Actualmente, estos bosques quemados se encuentran en una fase de reorganización que involucra el proceso de colonización y establecimiento de especies pioneras.

Naturalmente, la colonización postfuego debería estar dominada por el hualo (*Nothofagus glauca*), acompañado por otras especies típicas de estos bosques. Sin embargo, la presencia de pinos (*Pinus radiata*) adultos asilvestrados dentro de los remanentes de bosques nativos ha puesto en seria amenaza el éxito de su recuperación postfuego, debido a la alta capacidad de colonización de esta especie exótica (Recuadro 2).

A partir de un análisis de coberturas de suelo realizado en 484 parches (de entre 0.1 a 51 hectáreas) de bosque de hualo quemados en 2017, se obtuvo que en el año 2014 un 98% de estos parches presentaban una cobertura de pino de entre 0.8 y 31%. La actual amenaza que esto representa en las áreas recientemente quemadas requiere medidas urgentes y efectivas si queremos conservar los últimos fragmentos remanentes de bosque maulino en la zona mediterránea de Chile.



Respuesta institucional

Tras los megaincendios de 2017, la respuesta institucional estuvo centrada en el fomento al establecimiento de una nueva cobertura forestal en el área quemada. Los ejes centrales de la discusión técnico/política en el seno del Consejo de Política Forestal fueron: (1) una fuerte crítica a las plantaciones industriales establecidas en áreas extensas, juzgadas como uno de los responsables de la magnitud de los megaincendios, y (2) la necesidad de generar un protocolo técnico de carácter regulatorio que permitiera apoyar los planes de reforestación en la pequeña y mediana propiedad ante la ausencia de una ley de fomento forestal. Como resultado, CONAF presentó el Protocolo de Plantaciones Forestales, que incluye regulaciones voluntarias relacionadas al agua, incendios forestales y funcionalidad ecológica de las plantaciones, pero sin abordar la heterogeneidad del paisaje y la representatividad de ecosistemas a escala territorial.

En abril del 2017, el Gobierno presentó al Congreso el proyecto de ley que crea el Servicio Nacional Forestal (SERNAFOR), organismo encargado de confeccionar planes regionales de protección contra incendios forestales. Otras medidas propuestas tuvieron relación con los planes de manejo para incluir técnicas de silvicultura preventiva y obligar a los propietarios a manejar sus plantaciones para disminuir la continuidad de combustible. También se propuso que los planes reguladores reconozcan la zona de interfaz urbano-forestal como una zona de riesgo. Para ello se podrán establecer obligaciones o limitaciones a las actividades que se localicen en ellas.

Por otra parte, el año 2018, se aprobó el Plan Específico de Emergencia por Variable de Riesgo de Incendios Forestales, como parte del Plan Nacional para la Gestión de Riesgo de Desastres, de la Oficina Nacional de Emergencia del Ministerio del Interior y Seguridad Pública (ONEMI). Durante 2019, el Gobierno anunció una agenda legislativa que incluye: (1) fomentar la restauración de bosques, (2) regular el uso del fuego y castigar acciones que los propicien, y (3) modificar la normativa sobre bosque nativo para eliminar trabas de acceso, especialmente, a pequeños y medianos propietarios de bosques y recursos vegetacionales. Además, a través del Ministerio del Medio Ambiente y CONAF, trabaja en un Plan Nacional de Restauración que incluye una meta de restauración y disminución de tasa de pérdida de bosque.

Recuadro 1 | La meteorología contribuyó a generar un evento climático extremo

Roberto Rondanelli y Martín Jacques-Coper

Las temperaturas máximas durante la temporada de enero y febrero de 2017 rompieron varios récords absolutos (Figura 1). En particular, durante la semana del 20 al 27 de enero de 2017 se registró una ola de calor en cuyo origen confluyeron varios ingredientes. En primer lugar, este evento climático extremo se desarrolló en el clímax del verano.

Además, el paso de un anticiclón por la Patagonia favoreció la formación de una vaguada costera (es decir, una baja presión relativa a lo largo de la costa) sobre la zona central de Chile. Esta vaguada, a su vez, intensificó los vientos locales del Este, que típicamente inducen descenso de aire, calentamiento y, en consecuencia, secamiento, propiciando el aumento de la radiación solar y la temperatura oceánica (Figura 2).

Junto con los mencionados factores locales, ingredientes de carácter hemisférico (es decir, de gran escala espacial) también contribuyeron a la intensidad de la ola de calor. Durante la segunda mitad de enero de 2017 se apreció un tren de ondas que se propagó a través del océano Pacífico Austral (Figura 2). Este tren de ondas se manifestó sobre Chile central con un anticiclón en la atmósfera media y alta (entre 5 y 8 kilómetros de altura), lo cual reforzó el calentamiento en la superficie. Este tren de ondas habría sido generado por una elevada precipitación en la zona occidental de Australia, la que estuvo parcialmente asociada a la Oscilación de Madden-Julian, el principal factor que modula el clima tropical.

Todos estos fenómenos coincidieron con el periodo en que los megaincendios alcanzaron su máxima extensión, relevando la importancia de los factores meteorológicos en la propagación e intensidad de los incendios.



Semana del 20 al 27 de enero 2017

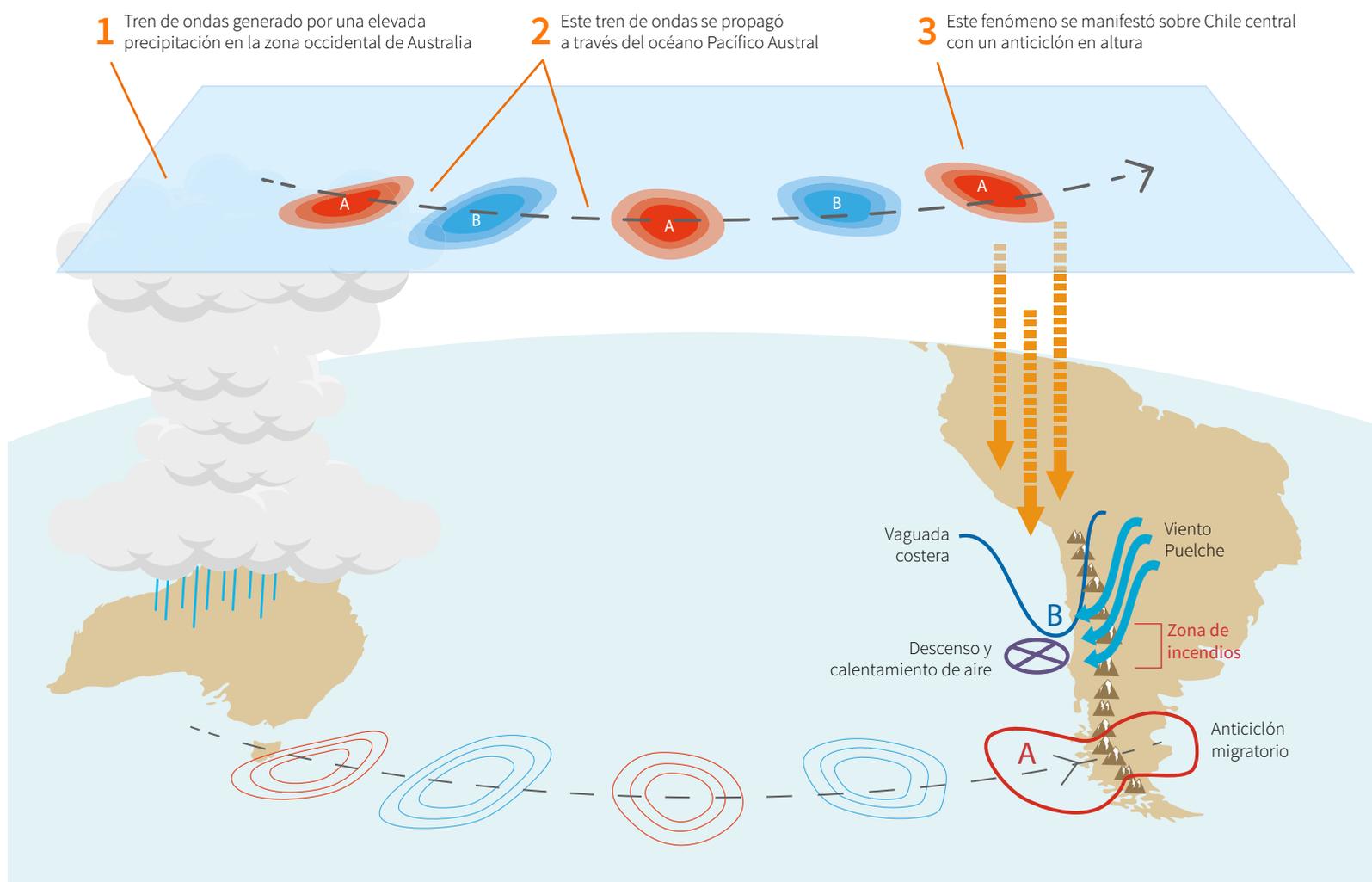


Figura 2. En este esquema se aprecia la circulación en altura de un tren de ondas (altas "A" y bajas "B") durante el mes de enero de 2017 en la cuenca del Pacífico Sur. Además, el paso de un anticiclón migratorio por la Patagonia, la formación de una vaguada costera, la intensificación del viento del este (Puelche, representado por flechas celestes), el descenso de aire (indicada por una cruz dentro del círculo morado) y sus efectos: calentamiento y secamiento en la región centro-sur de Chile.

Recuadro 2 | Respuesta postfuego de bosques de hualo (*Nothofagus glauca*) al incendio de “Las Máquinas”

Mauricio Galleguillos, Claudia Leal, Nicole Burger, Antonio Lara y Mauro E. González

Posterior al megaincendio de Las Máquinas, la sobrevivencia de hualos (*Nothofagus glauca*) adultos y otras especies arbóreas nativas fue bastante baja, entre 12 y 27%. La regeneración postfuego de hualo, litre (*Lithraea caustica*), peumo (*Cryptocarya alba*) y radal (*Lomatia hirsuta*) se dio, principalmente, a través de rebrotes desde las raíces y bases de los árboles quemados.

La especie exótica pino radiata (*Pinus radiata*) presentó una alta mortalidad de los individuos adultos. Sin embargo, su eficaz mecanismo de liberación y dispersión de semillas, y la resistencia de éstas a las altas temperaturas (capítulo 7), favoreció su rápido establecimiento a nivel del sotobosque (Figura 4).

A dos años del incendio, su presencia varía entre 3.500 y 300.000 plántulas por hectárea. Como referencia, en una plantación forestal, la densidad de plantas de pino, comúnmente, no sobrepasa las 1.250 plantas por hectárea.



Figura 4. Bosque nativo de hualo (*Nothofagus glauca*) cercano a la localidad de Santa Olga, región del Maule, dos años después del megaincendio “Las Máquinas.” La abundante regeneración corresponde a nuevas plántulas de pino (*Pinus radiata*).

Recuadro 3 | Una “réplica”: el megaincendio de Aysén en febrero de 2019

Carlos Zamorano

El megaincendio que afectó la comuna de Cochrane el verano de 2019 deja en evidencia la extrema vulnerabilidad de la región de Aysén frente a este tipo de catástrofes. Al igual que en el centro-sur de Chile durante el verano de 2017, sus causas se atribuyen a negligencia humana junto a condiciones climáticas extremas. El incendio se inició el 4 de febrero, día que registró temperaturas sobre los 33 °C a lo largo de gran parte del centro-sur de Chile y el suroeste de Argentina. Esto fue consecuencia de un intenso centro de alta presión sobre el extremo sur del continente, el que se desplazó lentamente desde el Pacífico al Atlántico (comparable a lo reflejado en la Figura 1). Las temperaturas fueron particularmente cálidas en las regiones de Los Lagos,

Aysén y Magallanes, rompiendo récords de temperatura máxima en varias estaciones meteorológicas de nuestro país. El incendio afectó más de 15.000 hectáreas de vegetación (principalmente nativa) y, por sus características y extensión, fue uno de los más graves de las últimas décadas en la región. Si bien durante los primeros dos días el incendio no superaba las 100 hectáreas, a partir del tercero su propagación aumentó notablemente, superando las 2.000, para alcanzar 5.200 hectáreas al quinto día. Este explosivo incremento se explica, principalmente, por la compleja topografía y los intensos vientos (sobre los 90 y 120 kilómetros por hora) en la zona, que dificultaron la capacidad de respuesta de los equipos de combate de incendios.



Crédito: Municipalidad de Cochrane

A landscape photograph showing a hillside with silhouetted trees and a bright sun in a hazy sky. The sun is a large, bright white circle with a red glow, positioned in the upper center of the frame. The trees are dark, bare branches against the light sky. The ground is a mix of dark and light patches, suggesting a mix of vegetation and bare earth.

Síntesis y recomendaciones

Síntesis y recomendaciones

Este informe da cuenta de los cambios recientes del régimen de incendios en Chile y los principales factores que explican su ocurrencia y magnitud. Conjuntamente, aborda los impactos y consecuencias de los incendios y la capacidad de resiliencia y adaptación de la comunidad ante eventos extremos, y las respuestas y desafíos institucionales en materia de políticas de prevención y mitigación. Sobre la base de estos antecedentes, nuestras principales conclusiones y recomendaciones son las siguientes:



Durante la última década las temporadas de incendios han sido más largas y con incendios de mayor tamaño y severidad, especialmente entre las regiones de Valparaíso y La Araucanía. La extensa sequía experimentada durante los últimos años ha favorecido la ocurrencia de megaincendios como los ocurridos en el verano 2017. Estos eventos extremos son multicausales y al cambio climático antropogénico se suman otros fenómenos atmosféricos que contribuyen a los extremos de alta temperatura y baja humedad, en combinación con un uso de suelo y cobertura favorables a la propagación de incendios (ejemplo: plantaciones forestales y matorrales).



De los incendios en que se ha determinado la causa, un 99% son originados por el ser humano de forma accidental o intencional. En algunos años y regiones del país, la intencionalidad ha alcanzado alrededor del 50%. Las causas de los incendios y sus impactos se explican por múltiples factores, principalmente asociados –directa o indirectamente- a la actividad humana (ej. tránsito y recreación), condiciones de pobreza y a la ocupación de zonas de interfaz urbano-rural altamente expuestas. Quienes habitan estos territorios, difícilmente pueden controlar lo anterior, lo que, sumado a barreras psicológicas y comunitarias, crean un escenario poco propicio para la prevención.



Para enfrentar de mejor manera las consecuencias socioeconómicas y ambientales del futuro incremento de los megaincendios –dada la reconocida incapacidad de su control y supresión a nivel mundial-, debemos avanzar desde medidas reactivas (enfocadas principalmente en la supresión y combate de incendios) a acciones que apunten a las causas principales que contribuyen al problema. Así, las actividades de prevención, estrategias, y políticas de manejo y ordenamiento del paisaje, deben ser asumidas como prioritarias con el objetivo de evitar y/o disminuir el daño y pérdidas socioeconómicas y ambientales derivado de eventos de incendios extremos.



En este contexto, la eficacia de las respuestas de una población frente a un incendio depende no sólo de acciones individuales, familiares y comunitarias, sino también del actuar del aparato público y privado. Así, se observa altamente necesario construir y fortalecer capacidades resilientes en la población. Para ello, se requiere que la prevención sea parte de la planificación territorial, superación de la pobreza y seguridad ciudadana. Estas políticas debieran reconocer los saberes y experiencias de las comunidades locales sobre el territorio que habitan e integrar esfuerzos públicos y privados.



El gradual aumento de temperaturas ha contribuido a cerca del 20% del área quemada en las últimas tres décadas. La continuación de este calentamiento, junto a la reducción de precipitaciones, podría llevarnos en las próximas décadas a un clima propicio para la ocurrencia de grandes incendios forestales en la zona centro-sur de Chile.



Lo anterior es probable que ocurra a pesar de los esfuerzos de mitigación del cambio climático al cual están asociados el calentamiento y secamiento de buena parte de Chile centro-sur. Esto enfatiza la necesidad de promover acciones destinadas a la prevención y mitigación de incendios forestales.



La zona de interfaz urbano-rural (IUR) es el área donde se interconectan las comunidades humanas (rurales y urbanas), plantaciones, matorrales, bosque nativo y otros ecosistemas. En estas zonas se concentra el 80% de la población y cerca del 60% de la ocurrencia de incendios. Los principales factores que incrementan el riesgo de incendios en la IUR son la presencia de plantaciones forestales, la cercanía a los caminos (y ciudades) y la densidad poblacional.



Es en la IUR donde ocurre la mayor proporción de pérdida de vidas humanas y áreas habitacionales, como a su vez donde mayormente se concentra el gasto en combate y recuperación post incendios. En ese sentido, se debe establecer un perímetro de seguridad en torno a las viviendas y áreas urbanas a través de un manejo y ordenamiento preventivo de la vegetación (combustible) circundante. Por otra parte, se debe normar y limitar la expansión de viviendas y barrios a zonas rurales cubiertas de plantaciones forestales y bosques nativos.





La ocurrencia de incendios y su capacidad de propagación está mediada no sólo por las fuentes de ignición y condiciones climáticas, sino también por el tipo, cantidad e inflamabilidad del material combustible y su distribución en el paisaje. El cambio de uso del suelo y su cobertura pueden alterar significativamente el régimen de incendios. Los paisajes homogéneos y con gran cantidad de combustible –como aquellos dominados por plantaciones forestales– favorecen la ocurrencia de megaincendios en situaciones climáticas extremas. Adicionalmente, los cambios de uso de suelo e incendios han llevado a nuestros ecosistemas mediterráneos a una condición de fragmentación y vulnerabilidad que amenaza su supervivencia.



Los ecosistemas más afectados son aquellos que presentan algún grado de amenaza, como aquellos compuestos por especies arbóreas en peligro de extinción, tales como el ruil (*Nothofagus alessandrii*), queule (*Gomortega keule*) y pitao (*Pitavia punctata*), además de especies vulnerables como el hualo (*Nothofagus glauca*). Por tanto, el ordenamiento territorial y diversificación del paisaje, que considere la identidad y cultura local, son clave para avanzar hacia socioecosistemas más sostenibles y resilientes al cambio climático.



La presencia de gran cantidad de especies exóticas puede modificar el régimen de incendios forestales, aumentando su frecuencia, intensidad, extensión, temporalidad y su velocidad de propagación. Un 70% de las plantas exóticas presentes en Chile provienen de regiones del mundo donde los incendios forestales se presentan de manera frecuente y natural. Por esta razón, poseen adaptaciones que les permiten persistir e, incluso, aumentar su abundancia luego de los incendios. Así, existe una retroalimentación positiva entre la invasión de plantas exóticas y los incendios, generando la degradación de los ecosistemas nativos.



En un escenario de cambio climático que favorecerá la mayor frecuencia, extensión e intensidad de los incendios, la expansión de la vegetación exótica puede exacerbar los impactos en los ecosistemas naturales y en el bienestar humano. Por lo tanto, resulta de gran importancia la generación de políticas y acciones de manejo destinadas al control de las especies exóticas invasoras y la restauración de ecosistemas nativos para disminuir la probabilidad de eventos catastróficos.



Los incendios forestales pueden llegar a ser una de las mayores fuentes de emisión de gases de efecto invernadero en Chile. Por ejemplo, los megaincendios ocurridos en el verano del 2017 emitieron una cantidad de CO₂ equivalente aproximado del 90% del total de emisiones antrópicas nacionales del 2016.



Por lo tanto, se requieren programas que integren la prevención, monitoreo y manejo de incendios forestales a fin de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero de Chile. Esto es clave, ya que, frente a la ocurrencia de eventos extremos de incendios, la brecha entre emisiones y capturas aumentará significativamente.



La cuantificación de los costos socioeconómicos de los incendios forestales permite orientar las actividades asociadas con su prevención, mitigación y control hacia aquellas áreas de mayor relevancia para la sociedad desde un punto de vista social, económico y ambiental. Sin embargo, la literatura y documentación disponibles evidencian una brecha en Chile en el estudio de los costos socioeconómicos de los incendios forestales, así como las pérdidas desde un punto de vista económico. Los costos reportados incorporan, principalmente, costos asociados a supresión y no los costos económicos producto de pérdidas productivas y de provisión de servicios ecosistémicos.



Los bosques proporcionan una serie de beneficios que determinan el bienestar humano. Evitar la pérdida de estos servicios ecosistémicos (ej. provisión de agua, mantención de la fertilidad del suelo, oportunidades de turismo), que van más allá de la simple provisión de leña y madera, es muy relevante para la sociedad, y, por tanto, se hace necesaria la inclusión de su valoración económica al momento de calcular los costos económicos asociados al impacto de los incendios.



Los incendios constituyen desastres socio-ambientales cuyos impactos psicológicos y comunitarios trascienden ampliamente las pérdidas materiales y económicas, afectando en múltiples niveles a personas, familias y comunidades completas, lo que incrementa su percepción de vulnerabilidad y abandono. Además, estos impactos se distribuyen desigualmente, dependiendo de las condiciones socioeconómicas y ambientales previas, y del nivel de exposición de las comunidades a la amenaza. Habitar zonas de alto riesgo de incendios sin planes adecuados para enfrentarlos, puede tener graves implicancias en la salud mental de la población y mermar su capacidad para prevenir y prepararse frente a estos eventos.



Para hacer frente a estos impactos, se requiere de programas de apoyo psicosocial sistemáticos y de largo plazo para las comunidades afectadas, con un enfoque familiar y comunitario, coordinados y contextualizados localmente. Para que estas intervenciones sean más efectivas, es necesario construir instrumentos que permitan cuantificar los impactos de los incendios en la salud mental de la población y desarrollar indicadores que permitan evaluar y mejorar los programas que se implementen.



En Chile existe dispersión y falta de coordinación institucional en materia de incendios forestales. El modelo no posee un énfasis preventivo, pues se focaliza en la supresión y sólo cuando estos se transforman en una emergencia o catástrofe, existe la necesidad de integrar a los organismos públicos.



El país debe avanzar en una institucionalidad que asuma y coordine la prevención de incendios mediante el diseño de paisajes resilientes, a través de una planificación y ordenamiento territorial que permita abordar riesgos de un modo adaptativo, favoreciendo la heterogeneidad del paisaje. Adicionalmente, con un enfoque en la detección temprana del nivel de riesgo de incendios, la normativa debiera considerar un programa de modificación de conductas de las personas sobre la base del conocimiento de las motivaciones para ocasionar incendios, programas de divulgación y educación, así como de un sistema de anticipación apropiado, incluyendo por ejemplo a las olas de calor en los planes de prevención y en el sistema de alerta temprana.

Referencias

Referencias

Alaniz, A.; Galleguillos, M y Pérez, F. 2016. Assessment of quality of input data used to classify ecosystems according to the IUCN Red List methodology: The case of the central Chile hotspot. *Biological Conservation*, 204: 378–385.

Biblioteca del Congreso Nacional. 2019. En línea: <https://www.bcn.cl/presupuesto/periodo/2019/partida/13/capitulo/05/montos-reales>

Bowman, D., Moreira, A., Kolden, C., Chávez, R., Muñoz, A., Salinas, F., González, A., Rocco, R., Barrera, F., Williamson, G., Borchers, N., Cifuentes, L., Abatzoglou, J. y Johnston, F. 2018. Human–environmental drivers and impacts of the globally extreme 2017 Chilean fires. *Ambio*, 48(1): 350–362. En línea: <https://doi.org/10.1007/s13280-018-1084-1>

Carvajal, M. y Alaniz, A. 2019. Incendios forestales en Chile central en el siglo XXI: impacto en los remanentes de vegetación nativa según categorización de amenaza y recuperación de cobertura. *Biodiversidad y Conservación de los Bosques Costeros de Chile*. Editorial Universidad de Los Lagos, pp.487-504

Cobar-Carranza, A., García, R., Pauchard, A. y Peña, E. 2014. Effect of *Pinus contorta* invasion on forest fuel properties and its potential implications on the fire regime of *Araucaria araucana* and *Nothofagus antarctica* forests. *Biol Invasions* 16, 2273–2291. En línea: <https://doi.org/10.1007/s10530-014-0663-8>

Corporación Nacional Forestal (CONAF). 2013. Guía básica de buenas prácticas para plantaciones forestales de pequeños y medianos propietarios. Santiago de Chile. 92pp

Corporación Nacional Forestal (CONAF). 2019. Incendios forestales. Estadísticas históricas. En línea: <http://www.conaf.cl/incendios-forestales/incendios-forestales-en-chile/estadisticas-historicas/>

De la Barrera, F., Barraza, F., Favier, P., Ruiz, V. y Quense, J. 2018. Megafires in Chile 2017: Monitoring multiscale environmental impacts of burned ecosystems. *Science of the total environment*, 637, 1526-1536. En línea: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969718317601?via%3Dihub>

García, R., Pauchard, A., Cavieres, L., Peña, E. y Rodríguez, M. 2010. El fuego favorece la invasión de *Teline monspessulana* (Fabaceae) al aumentar su germinación. *Rev. chil. hist. nat.* vol.83, n.3, pp.443-452. En línea: <http://dx.doi.org/10.4067/S0716-078X2010000300011>

García, R., Engler, M., Peña, E., Pollnac, F., Pauchard, A. 2015. Fuel Characteristics of the invasive shrub *Teline monspessulana* (L.) K. Koch. *International Journal of Wildland Fire*, 24(3) 372-379. En línea: <https://doi.org/10.1071/WF13078>

Garreaud, R. 2018. A plausible atmospheric trigger for the 2017 coastal El Niño. *Int. Journal of Climatology*. En línea: <https://rmets.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/joc.5426>

- Garreaud, R.,** Álvarez-Garretón, C., Barichivich, J., Boisier, J.P., Christie, D.A., Galleguillos, M., LeQuesne, C., McPhee, J., Zambrano-Bigiarini, M. 2017. The 2010-2015 mega drought in Central Chile: Impacts on regional hydroclimate and vegetation. *Hydrology and Earth System Sciences Discussion*. En línea: <http://hydrol-earth-syst-sci.net/21/6307/2017/hess-21-6307-2017-discussion.html>
- Garreaud, R.,** Boisier, J.P., Rondanelli, R., Montecinos, A., Sepúlveda, H. y Veloso-Águila, D. 2019. The Central Chile Mega Drought (2010-2018): A Climate dynamics perspective. *International Journal of Climatology*. 1-19. En línea: <https://doi.org/10.1002/joc.6219>
- Giglio, L.,** Boschetti, L., Roy, D. P., Humber, M. L. y Justice, C. O. 2018. The Collection 6 MODIS burned area mapping algorithm and product. *Remote Sensing of Environment*, 217:72-85.
- Gómez-González, S.,** Ojeda, F., y Fernandes, P. M. 2018. Portugal and Chile: Longing for sustainable forestry while rising from the ashes. *Environmental Science and Policy*, 81, 104–107.
- Gómez-González, S.,** González, M. E., Paula, S., Díaz-Hormazábal, I., Lara, A. y Delgado-Baquerizo, M. 2019. Temperature and agriculture are largely associated with fire activity in Central Chile across different temporal periods. *Forest Ecology and Management*, 433, 535-543.
- González M.E.,** Gómez-González, S., Lara, A., Garreaud, R. y Díaz-Hormazábal, I. 2018. The 2010-2015 Megadrought and its influence on the fire regime in central and south-central Chile. *Ecosphere*. En línea: <https://esajournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/ecs2.2300>
- Heilmayr, R.,** Echeverría, C., Fuentes, R. y Lambin, E. F. 2016. A plantation-dominated forest transition in Chile. *Applied Geography*, 75, 71–82.
- Luebert, F. y Plischoff, P.** 2018. Sinopsis bioclimática y vegetacional de Chile / Bioclimatic and vegetational synopsis of Chile [Data set]. Sinopsis bioclimática y vegetacional de Chile. Santiago, Chile: Editorial Universitaria. <http://doi.org/10.5281/zenodo.60800>
- McWethy, D.B.,** Pauchard, A., García, R.A., Holz, A., González, M.E., Veblen, T.T., Stahl, J. y Currey, B. 2018. Landscape drivers of recent fire activity (2001-2017) in south-central Chile. *PLoS ONE*, 13(10): e0205287.
- Miranda, A.,** Altamirano, A., Cayuela, L., Lara, A. y González, M. 2017. Native forest loss in the Chilean biodiversity hotspot: revealing the evidence. *Regional Environmental Change*, 17(1), 285–297.
- Miranda A.,** Lara, A., Altamirano, A., Di Bella, C., González, M.E. y Camarero, J.J. (in review). Forest browning trends in response to drought in a highly threatened mountainous Mediterranean landscape in South America.
- Montecinos, A.,** Muñoz, R., Oviedo, S., Martínez, A. y Villagrán, V. 2017. Climatological Characterization of Puelche Winds down the Western Slope of the Extratropical Andes Mountains Using the NCEP Climate Forecast System Reanalysis. *J. of Appl. Meteor. and Climatology*. 56, 677-696.

Moreira F., Ascoli, D., Safford, H., Adams, M.A., Moreno, J.M., Pereira, J.M.C., Catry, F.X., Armesto, J., Bond, W., González, M.E., Curt, T., Koutsias, N., McCaw, L., Price, O., Pausas, J.G., Rigolot, E., Stephens, S., Tavsanoglu, C., Vallejo, V.R., Van Wilgen, B.W., Xanthopoulos, G. y Fernandes, P.M. 2019. Wildfire management in Mediterranean-type regions: Paradigm change needed. *Environmental Research Letters*. En línea: <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ab541e>

Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD). 2017. Catálogo de las especies exóticas asilvestradas/ naturalizadas en Chile. Laboratorio de Invasiones Biológicas (LIB) Universidad de Concepción, Proyecto GEF/MMA/PNUD Fortalecimiento de los Marcos Nacionales para la Gobernabilidad de las Especies Exóticas Invasoras: Proyecto Piloto en el Archipiélago de Juan Fernández. Santiago de Chile. 61 pp

Urrutia-Jalabert, R., González, M., González-Reyes, Á., Lara, A. y Garreaud, R. 2018. Climate variability and forest fires in central and south-central Chile. *Ecosphere*, 9(4):e02171. 10.1002/ecs2.2171

Zhao, Y., Feng, D., Yu, L., Wang, X., Chen, Y.Y., Bai, Y., Hernández, H.J., Galleguillos, M., Estades, C., Biging, G.S., Radke, J.R. y Gong, P. 2016. Detailed dynamic land cover mapping of Chile: accuracy improvement by integrating multi-seasonal data. *Remote Sensing of Environment* 183: 170-185.

Glosario

Cambio climático antropogénico: Se refiere al cambio climático producido por el aumento en las emisiones de gases de efecto invernadero causado por el ser humano, teniendo como consecuencia el incremento de la temperatura media a nivel del planeta.

Cambio de uso de suelo: Este término se refiere al cambio en el uso o manejo del suelo por actividades humanas, lo cual puede llevar al cambio en la cobertura del suelo.

Uso del suelo: Arreglo espacial de las distintas coberturas y actividades de la tierra. El término también es usado para denotar el propósito social y económico para la cual es utilizada (agricultura, forestal, conservación).

Interfaz urbana-rural: Es el área donde las casas y otras estructuras limitan, están en contacto o se entremezclan con la vegetación.

Incendio forestal: Un incendio forestal es un fuego que, con peligro o daño a las personas, la propiedad o del ambiente, se propaga sin control en áreas naturales.

Megaincendio: Eventos extremos que se caracterizan por ser de gran tamaño e incontrolables y que se desarrollan bajo condiciones climáticas y de cobertura vegetal que favorecen su propagación, y resultan en un gran impacto socioeconómico y ambiental

Ola de calor: Un periodo de condiciones climáticas anormalmente calurosas.

Prevención: La prevención de incendios consiste en educar al público para que tome precauciones y medidas para prevenir la ocurrencia de incendios. Es un método proactivo para reducir las emergencias y el daño causado por ellas.

Régimen de incendios: Características de los incendios que incluyen atributos como la frecuencia, intensidad, severidad, estacionalidad y su extensión en los ecosistemas.

Resiliencia: La capacidad de sistemas sociales, económicos y ambientales para hacer frente a eventos o disturbios a través una respuesta y/o reorganización que mantiene sus funciones esenciales, identidad y estructura, a la vez de mantener la capacidad de adaptación, aprendizaje y transformación.

Riesgo de incendio: Se refiere a la probabilidad de ignición, es decir, la posibilidad de que se inicie un incendio natural o por el ser humano; este último, generalmente, disminuye con la mayor distancia a las carreteras y aumenta con la densidad de población. El riesgo de incendio también se define como daño potencial (o riesgo de degradación). El riesgo de incendio es relativamente estático (por ejemplo, una zona con alto riesgo de incendio), y a menudo se usa para producir mapas de riesgo de incendio.

Servicios ecosistémicos: Procesos o funciones ecológicas que tienen valor monetario o no para los individuos o la sociedad en general. Estos son frecuentemente clasificados como (a) servicios de apoyo, como productividad o mantenimiento de la biodiversidad; (b) servicios de aprovisionamiento, como alimentos, fibra o pescado; (c) servicios de regulación, como regulación climática o secuestro de carbono; y (d) servicios culturales.

Supresión de incendios: Se refiere a la extinción de un incendio a través de distintos métodos, actuando sobre uno de los principales componentes del fuego (combustible, oxígeno y calor). Por ejemplo, los cortafuegos son franjas de tierra sin vegetación que hacen que un incendio no pueda avanzar más y se extinga por falta de combustible.



