

Debates de Política Pública

Ricardo Katz / Leonel Sierralta /
José Antonio Allonza / Aaron Cavieres /
Carlos Gracia / Eduardo Hernández /
Susana Paula / Andrew Sullivan /
Ramón Vallejo

Incendios forestales.
Implicancias de política
pública

Debates de Política Pública

N° 24 / agosto 2017

La serie *Debates de Política Pública* es editada en formato digital por el Centro de Estudios Públicos (CEP). El director y representante legal del CEP es Harald Beyer B. Dirección: Monseñor Sótero Sanz 162, Providencia, Santiago de Chile. Fono: 2 2328 2400. Fax: 2 2328 2440.

Sitio web: www.cepchile.cl Email: escribanos@cepchile.cl.

Cada artículo es responsabilidad de su autor y no refleja necesariamente la opinión del CEP. Esta institución es una fundación de derecho privado, sin fines de lucro, cuyo objetivo es el análisis y difusión de los valores, principios e instituciones que sirven de base a una sociedad libre.

Edición gráfica: David Parra Arias.

Incendios forestales. Implicancias de política pública

Ricardo Katz

Leonel Sierralta

José Antonio Allonza

Aaron Cavieres

Carlos Gracia

Eduardo Hernández

Susana Paula

Andrew Sullivan

Ramón Vallejo

Compilación de las presentaciones que los autores realizaron en el seminario "Los incendios forestales y sus consecuencias en los ecosistemas" realizado el 2 de mayo de 2017 en el Centro de Estudios Públicos.

Resumen

La temporada de incendios 2016/17 en la zona centro-sur de Chile fue particularmente destructiva. En 16 días, el fuego arrasó con más de 500.000 hectáreas de bosque nativo, cultivos, pastizales y plantaciones forestales. La intensidad y velocidad de propagación del fuego fueron tales que éstos han sido catalogados como los primeros incendios de una nueva “sexta generación” de eventos de este tipo.

La severidad del fenómeno se explica por una combinación casi perfecta de factores (sequía, altas temperaturas, humedad ambiental inusualmente baja, etc.) que potenciaron el siniestro. Como resultado, no sólo la superficie afectada por los incendios fue considerable, también se produjeron enormes pérdidas materiales en la forma de casas y edificios y, más dramático aún, se perdieron varias vidas humanas.

En mayo de 2017, se desarrolló en el Centro de Estudios Públicos un seminario orientado al análisis de los referidos incendios forestales así como a las lecciones que es posible obtener de estos eventos y de otros similares en otras partes del mundo, como también a las estrategias posibles para la recuperación de los ecosistemas afectados. En este documento se encuentran compiladas las presentaciones de los distintos participantes del referido seminario.

El análisis presentado aborda desde las causas de los incendios, los efectos que éstos tuvieron en los ecosistemas afectados, la extensión de las pérdidas ocurridas en términos de especies y ecosistemas dañados, así como los efectos económicos directos. También se incluyen descripciones de fenómenos comparables en Australia y el sur de España que ayudan a poner en contexto el evento ocurrido el pasado verano y también muestran cómo la recolección de información sobre su comportamiento es una herramienta vital para evitar que futuras ocurrencias puedan alcanzar los niveles de destrucción observados.

Dos de las presentaciones dicen relación con la forma en que es esperable que los ecosistemas afectados se recuperen y las estrategias que es posible abordar para contribuir a dicha recuperación.

La principal conclusión de este análisis es que es razonable esperar que eventos como los vividos recientemente vuelvan a repetirse. La política pública debe, entonces, concentrarse en reducir su potencial de daño y en evitar que las pérdidas asociadas sean de la magnitud de las sufridas en el verano de 2017. La pregunta no es si volveremos a vivir incendios de “sexta generación” sino cuándo ocurrirán y cómo nos prepararemos para enfrentarlos.

1. Introducción

Como señalábamos anteriormente, a comienzos de mayo del 2017 se desarrolló, en el Centro de Estudios Públicos, un seminario orientado al análisis de los incendios forestales que afectaron la zona central de Chile durante los meses de enero y febrero del mismo año.¹

A continuación, presentamos una descripción de los eventos y sus principales consecuencias. Luego de esta introducción conceptual se presentan los resúmenes de las presentaciones de Aaron Cavieres, Director Ejecutivo de CONAF, y Andrew Sullivan, experto australiano de CSIRO, que describen los megaincendios que acosaron a Chile y Australia respectivamente; de los académicos españoles Carlos Gracia, Ramón Vallejo y José Antonio Allonza, quienes desarrollan sus análisis y presentan las experiencias de España y Europa sobre la base de las similitudes entre Chile y el sur de Europa; Susana Paula, académica de la Universidad Austral de Chile, quien desarrolla el tema de las respuestas de las plantas a los regímenes de fuego, tema también abordado por Carlos Gracia; y finalmente, Eduardo Hernández, gerente general de Forestal Mininco, quien se refiere a la forma en que los incendios afectaron a una de las empresas con plantaciones y bosques nativos en la zona y las acciones de ésta para enfrentar el fuego y recuperar su patrimonio forestal.

Finalmente, presentamos un resumen de los aprendizajes obtenidos en el referido seminario y sugerimos cursos de acción y aprendizajes útiles para enfrentar futuros episodios de eventos que, sin lugar a dudas, se repetirán en el futuro.

2. El contexto

Entre mediados de enero y comienzos de febrero del año 2017, en la zona centro-sur de Chile, se registró un megaincendio forestal que afectó las regiones de O'Higgins, Maule y Biobío principalmente.

La inusual intensidad del incendio obedeció a condiciones meteorológicas extremas, a lo que se sumó una sequía de larga data que generó una gran cantidad de

¹ El seminario contó además con la participación de los profesores Juan Armesto, de la Universidad Católica, Olga Barbosa de la Universidad Austral y Marcela Bustamante de la Universidad de Concepción. Las presentaciones utilizadas por los participantes del Seminario están disponibles en la página web del Centro de Estudios Públicos <http://bit.ly/2vWzj7L>.

material combustible. Este incendio tuvo características diferentes a todo lo conocido, siendo catalogado por especialistas de la Unión Europea como una “tormenta de fuego”. La escala global de medición de incendios llegaba hasta antes de los eventos aquí descritos, hasta la llamada “quinta generación” de incendios, el tipo más destructivo conocido. El incendio en Chile recibió atención mundial, dado que es el primero de la llamada “sexta generación” en términos de intensidad de la línea de fuego y velocidad de propagación.

La superficie total afectada por incendios forestales, entre las regiones de Coquimbo y La Araucanía, fue de 518.174 hectáreas (ha). De esta superficie, el 60 por ciento correspondió a ambientes con algún grado de uso antrópico, quedando un total de 208.717 ha (40 por ciento) de ecosistemas remanentes afectados por incendios forestales. La superficie del megaincendio, esto es la referida al evento principal alcanzó a 467.000 ha.

La superficie de incendios en ecosistemas, según categoría de conservación afectada, evidencia que los eventos de mayor tamaño se concentraron en la zona central del país, donde se presentan los ecosistemas o pisos vegetacionales más amenazados según la clasificación de la UICN. En términos de superficie, el 76 por ciento del área de ecosistemas naturales afectados por incendios forestales correspondió a ecosistemas clasificados como *En peligro crítico* y *En peligro*.

La temporada 2017 fue la más catastrófica registrada por CONAF en cuanto a la incidencia de incendios en el territorio nacional. Varias personas fallecieron y las pérdidas económicas asociadas se cuentan en miles de millones de pesos. Los fuegos afectaron núcleos urbanos, cultivos, plantaciones y vegetación natural. Se estima que la restauración de todos los bosques y matorrales afectados por los incendios del último verano supondría más de 30.000 millones CLP (US\$ 50 millones). Es por ello que se requiere priorizar la restauración de aquellos sitios más severamente afectados y planificar las estrategias restauradoras con base científica.

A nivel global, los grandes incendios forestales se están extendiendo por todo el mundo, tanto en territorios en los que el fuego es un fenómeno natural, como donde éstos no lo son o son muy infrecuentes. En general, los grandes incendios forestales se han desencadenado a partir del último tercio del siglo veinte, como consecuencia del abandono del medio rural, la drástica reducción del pastoreo y del aprovechamiento de leña, y del abandono de cultivos marginales lo que ha dado lugar a paisajes con gran cantidad y continuidad de combustibles vegetales infla-

mables, en un entorno climático cada día más seco y favorable para la propagación del fuego.

Sólo en las dos últimas décadas se ha conseguido reducir el promedio de superficies quemadas en los países del sur de la Unión Europea, gracias a enormes inversiones públicas en prevención, vigilancia y, sobre todo, en medios de extinción.

A pesar de lo anterior, con cierta frecuencia se producen incendios catastróficos en el sur de Europa, como en Grecia (2007) donde se quemaron en pocos días unas 200.000 ha (sobre un total de 3,8 millones de hectáreas forestales), con más de 70 muertes. En España (1994) se quemaron más de 400.000 ha (dos por ciento del territorio forestal). Las proyecciones de cambio climático prevén para las regiones mediterráneas una estación de incendios más larga y severa, mayor probabilidad y mayor frecuencia de grandes incendios, nuevas áreas (más vulnerables) afectadas y un mayor riesgo en la interfaz urbano-forestal.

Así mismo, en Australia, el último gran incendio (*Black Saturday Bush Fires*) iniciado el 7 de febrero de 2009 dejó más de 450.000 hectáreas quemadas y 173 muertos después de una serie de incendios ocurridos en el estado de Victoria. Este ciclo de incendios dejó destruidos más de 3.500 edificios, entre ellos más de 2.000 casas.

3. Los incendios forestales y sus consecuencias en los ecosistemas

Aarón Cavieres²

A principios del 2017, entre el 18 de enero y 5 de febrero, en la zona centro-sur de Chile se registró un megaincendio forestal, afectando principalmente a las regiones de O'Higgins, Maule y Biobío. Según los expertos de la Unión Europea (UE), la inusual gravedad de estos incendios, el primero de "sexta generación", registrado a nivel mundial, tiene como base el calentamiento global del planeta.

Los incendios forestales son uno de los mayores agentes de degradación de los ecosistemas existentes en el mundo. Si bien el fuego forma parte de la dinámica natural de algunos hábitats, las perturbaciones de gran magnitud provocan un detrimento de sus funcionalidades. El fuego modifica los ciclos biogeoquímicos, produce cambios en la vegetación, suelo, fauna, procesos hidrológicos y geomorfoló-

² Aarón Cavieres Cancino es Ingeniero Forestal y M. Sc. In Forestry de la Universidad de Wisconsin. Se desempeña como Director Ejecutivo de la Corporación Nacional Forestal, CONAF.

gicos, calidad de las aguas e incluso cambios en la composición de la atmósfera (Prodom et al. 1987; DeBano et al. 1998; Shakesby y Doerr 2006; Moody y Martin 2009; Raison et al. 2009).

Los efectos de los incendios son muy variados debido a múltiples factores: biomasa disponible, intensidad (temperaturas alcanzadas y duración), área quemada, tiempo desde el último incendio, tipo de suelo, humedad, pendiente y vegetación. Así, se conforma en cada ecosistema un régimen de incendios concreto. Sin embargo, en un mismo ecosistema e incluso en un mismo incendio, la severidad y los efectos del fuego son diferentes y resultan en un mosaico de manchas de vegetación y suelo que se recuperará con o sin rehabilitación y restauración posterior. El grado de impacto del fuego sobre la vegetación y los suelos es esencial, ya que influye directamente sobre la evolución de todo el ecosistema. Cabe destacar que, a escala regional, el efecto de los incendios es heterogéneo. Dentro de una misma zona, los efectos serán variados y contrastados según las condiciones bióticas, abióticas y los usos del suelo (Neary et al. 1999; Kutiel 2006; Bodi et al. 2012).

En efecto, los ecosistemas naturales afectados por este episodio son de una alta relevancia global para la conservación de la biodiversidad, debido a una alta diversidad de especies e importantes endemismos de flora y fauna. Estos ecosistemas, previo a los incendios, han sido relevados no solamente por estos aspectos, sino porque además se encuentran en superficies reducidas, con niveles de perturbación importantes y dentro de una dinámica de paisaje de alta fragmentación.

3.1 Marco Climático y Tormenta de fuego

La inusual gravedad del incendio de comienzos del 2017 obedeció a condiciones meteorológicas extremas: las temperaturas del mes de enero de este año fueron las más altas registradas en el país, a lo que se sumó una sequía que viene desde el año 2009 que produjo un alto estrés hídrico de la vegetación y que generó una gran cantidad de material combustible.

Según los expertos de la UE, el incendio tuvo características que lo hacen diferente a todos los incendios conocidos hasta ahora por la humanidad, siendo catalogado como una “tormenta de fuego”. Antes de este evento, la escala global de medición de incendios llegaba hasta la llamada “quinta generación”, el tipo más destructivo conocido. El incendio en Chile, la “tormenta de fuego”, es un evento mun-

dial, dado que es el primero de la llamada “sexta generación”, en términos de intensidad de la línea de fuego y la velocidad de propagación (UE 2017; CONAF 2017).

Este escenario se agravó en la noche del 25 al 26 de enero. La tormenta de fuego avanzó a una tasa de 8.240 ha/hora, lo que equivale a 115.000 ha (1,6 veces la superficie de Santiago) en 14 horas, presentándose, al interior del incendio, vientos de hasta 130 km/h. Esta tormenta de fuego se caracterizó por la alta simultaneidad de incendios, propagándose a gran velocidad, intensidad y continuidad, superando los 30.000 KW/m hora y provocando, al mismo tiempo, la modificación del clima a nivel mesoregional, afectando un radio de alrededor de 600 km, incrementando la temperatura y bajando la humedad relativa.

3.2 Los efectos del megaincendio en los ecosistemas

La superficie total afectada por incendios forestales entre las regiones de Coquimbo y La Araucanía, entre el 1 enero y el 10 de febrero 2017, fue de 518.174,3 ha. De esta superficie, el 60 por ciento correspondió a ambientes con algún grado de uso antrópico, quedando un total de 208.717 ha (40 por ciento) de ecosistemas remanentes afectados por incendios forestales. Lo que se definió en esta temporada como megaincendio alcanzó una superficie de 467.000 ha.

La superficie de incendios en ecosistemas, según estado de conservación afectada, evidencia que los eventos de mayor tamaño se concentraron en la zona central del país, donde se presentan los ecosistemas o pisos vegetacionales más amenazados según clasificación de la UICN (Pliscoff 2015).

El Cuadro 1 describe el número y superficie de ecosistemas afectados por incendios forestales según categoría de conservación, así como también la superficie y proporción afectada de cada categoría. Cabe destacar que el 96 por ciento de los ecosistemas afectados corresponden a ecosistemas terrestres que presentan algún grado de amenaza.

En términos de superficie, el 76 por ciento de la superficie de ecosistemas naturales afectados por incendios forestales corresponde a ecosistemas clasificados como *En peligro crítico* y *En peligro*.

Cuadro 1: Afectación de ecosistemas según estado de conservación

Estado de Conservación de los Ecosistemas	N.º de Ecosistemas	Superficie Afectada (ha)	% de Superficie total
Peligro crítico	8	73.644	35
En peligro	2	86.287	41
Vulnerable	9	39.513	19
Casi amenazado	1	4.417	2
Preocupación menor	2	4.857	2
Total	22	208.718	100

Las formaciones vegetacionales son una agrupación de los pisos vegetacionales, espacios caracterizados por un conjunto de comunidades vegetales con una fisionomía y especies dominantes asociadas a un piso bioclimático específico (Luebert y Plissock 2006). Esto permite entender a nivel agregado qué tipo de ecosistemas vegetacionales fueron afectados por los incendios forestales. Los ecosistemas afectados corresponden a 111.710 ha de bosque esclerófilo (53 por ciento), 52.353 ha de bosque espinoso (25 por ciento), 39.797 ha de bosque caducifolio (20 por ciento) y 4.857 ha de matorral espinoso (dos por ciento).

El Cuadro 2 muestra la severidad de los Incendios Forestales sobre los Ecosistemas Naturales, según estado de conservación.

Respecto de la tendencia de severidad de los incendios en los ecosistemas afectados, según categoría de conservación, se observa que los ecosistemas afectados se centran en la categoría de severidad baja y media baja.

En el Cuadro 3 se presenta la superficie de incendios en el SNASPE, Santuarios de la naturaleza, Sitios prioritarios, Áreas protegidas privadas y en Iniciativas de conservación privadas. La afectación de ecosistemas en territorios bajo protección fue baja en ecosistemas en unidades SNASPE (0,03 por ciento), producto de medidas y priorización de CONAF durante el manejo de la emergencia.

Cuadro 2: Severidad de los incendios en los ecosistemas afectados (ha)

Estado de Conservación de los Ecosistemas	Muy Baja	%	Baja	%	Media baja	%	Media alta	%	Alta	%	Total
Peligro crítico	11.619	16	16.577	23	16.923	23	15.535	21	12.989	18	73.643
En peligro	19.423	23	28.191	33	18.317	21	12.580	15	7.775	9	86.286
Vulnerable	3.883	10	10.660	27	12.573	32	9.679	24	2.718	7	39.513
Casi amenazado	561	13	1.698	38	1.151	26	734	17	274	6	4.418
Preocupación menor	676	14	2.157	44	1.694	35	301	6	29	1	4.857
Total	36.162	17	59.283	28	50.658	24	38.829	19	23.785	11	20.8717

Nota: datos de severidad preliminares.

Cuadro 3: Afectación de ecosistemas en territorios bajo protección

Categoría de Protección	Nº de unidades	Unidades afectadas	%	Superficie total (ha)	Superficie afectada	%
Áreas silvestres protegidas del Estado	42	8	19	599.314	154	0,03
Santuarios de la naturaleza	31	1	3	159.649	111	0,07
Sitios prioritarios de biodiversidad	205	32	16	3.543.402	67.872	1,90
Iniciativas de conservación privadas (áreas protegidas privadas y AAVC de empresas forestales)	183	12	7	522.087	32.289	6,20
Total	461	53	11	4.824.452	100.426	2,00

De los 22 ecosistemas afectados por los incendios, siete no cuentan con representación en el SNASPE y de éstos, tres se encuentran en *Peligro crítico* y tres *En peligro* según la UICN.

Cuadro 4: Cambios situación de amenaza en ecosistemas

Piso vegetal	Posición Menor superficie			% Sup. Pot.	Pérdida de remanente	
	Pre IF	cambio	Post IF		%	Sup. (ha)
Bosque esclerófilo psamófilo mediterráneo de <i>Quillaja saponaria</i> y <i>Fabiana imbricata</i>	1	=	1	14,83	0,65	3.018
Bosque caducifolio templado de <i>Nothofagus obliqua</i> y <i>Persea lingue</i>	2	=	2	16,02	0,02	187
Bosque caducifolio mediterráneo costero de <i>Nothofagus glauca</i> y <i>Azara petiolaris</i>	6	+	3	17,48	28,88	7.406
Bosque caducifolio mediterráneo costero de <i>Nothofagus glauca</i> y <i>Persea lingue</i>	5	+	4	17,95	26,34	16.130
Bosque caducifolio mediterráneo-templado costero de <i>Nothofagus obliqua</i> y <i>Gomortega keule</i>	3	-	5	18,96	7,93	4.281
Bosque caducifolio mediterráneo interior de <i>Nothofagus obliqua</i> y <i>Cryptocarya alba</i>	4	-	6	20,40	3,00	5.944

El Cuadro 5 muestra los mayores impactos en ecosistemas remanentes y se deduce una pérdida total de 2,2 por ciento de la superficie total de estos ecosistemas:

Cuadro 5: Mayores impactos absolutos

Piso vegetal	Afectación	
	(ha)	% del remanente
Bosque esclerófilo mediterráneo interior de <i>Lithrea caustica</i> y <i>Peumus boldus</i>	44.804	15,4
Bosque espinoso mediterráneo interior de <i>Acacia caven</i> y <i>Lithrea caustica</i>	41.482	13,7
Bosque esclerófilo mediterráneo costero de <i>Lithrea caustica</i> y <i>Azara integrifolia</i>	36.498	17,1
Bosque caducifolio mediterráneo costero de <i>Nothofagus glauca</i> y <i>Persea lingue</i>	16.130	26,3
Bosque caducifolio mediterráneo costero de <i>Cryptocarya alba</i> y <i>Peumus boldus</i>	15.829	3,6
Bosque espinoso mediterráneo interior de <i>Acacia caven</i> y <i>Maytenus boaria</i>	9.218	4,8

3.3 Conclusiones y líneas de acción

- El incendio descrito fue el más catastrófico en la historia de la protección de la naturaleza en Chile.
- Los incendios significaron la pérdida de un 2,2 por ciento de la superficie remanente, que era un 46,8 por ciento de la superficie potencial de ecosistemas terrestres.
- Hubo 22 ecosistemas afectados por incendios; siete no están representados en el SNASPE.
- La afectación de ecosistemas remanentes fue proporcional a su presencia en el área afectada.
- Los incendios incrementaron la situación de fragilidad de la mayoría de los ecosistemas afectados.
- Los ecosistemas más frágiles fueron los más afectados.
- Los bosques esclerófilos, espinosos y caducifolios fueron los más afectados.
- El bosque caducifolio mediterráneo costero de *Nothofagus glauca* y *Azara petiolaris* y bosque caducifolio mediterráneo costero de *Nothofagus glauca* y *Persea lingue* fueron los que más incrementan su situación de fragilidad.
- El bosque esclerófilo mediterráneo interior de *Lithrea caústica* y *Peumus boldus* es el que más superficie pierde.

3.3.1 Líneas de acción

- Es necesario trabajar con el supuesto de que los incendios son parte del paisaje, lo que tiene implicancias en cómo manejamos el territorio.
- Desarrollar esfuerzos para la protección de ecosistemas con niveles críticos de remanencia (< 20 por ciento de superficie potencial), estableciendo mecanismos para la protección de estos ecosistemas.
- Incorporar las áreas que contienen ecosistemas con niveles críticos de remanencia en las prioridades de protección de contra incendios.
- Implementar un sistema integrado de conservación (público-privado), poniendo énfasis en el fortalecimiento del SNASPE (consolidación y ampliación) y el trabajo coordinado con privados para la protección efectiva de los ecosistemas críticos.
- Restaurar formaciones vegetacionales únicas del país y de gran escasez presentes dentro y fuera del SNASPE (bosques de Ruil), en colaboración con la academia y el sector privado.

4. El legado del incendio del “Black Saturday” de Kilmore Este. 7 de febrero de 2009: Impactos y resultados

Andrew Sullivan³

El sábado 7 de febrero de 2009 fue una de las peores jornadas en términos de muerte y destrucción producida por incendios forestales en la historia de Australia. En ese día, que llegaría a ser conocido como “*Black Saturday*”⁴, las condiciones meteorológicas corresponden al peor 0,01 por ciento de aquellas asociadas a incendios forestales en los últimos 40 años. Más de 300 focos de incendio se iniciaron a través del estado de Victoria de los cuales sólo 13 no pudieron ser controlados rápidamente. De estos 13 incendios forestales, cinco produjeron daños importantes,

³ Doctor en Física, especializado en termocinética competitiva y comportamiento no lineal de incendios forestales. Investigador Senior de la *Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization* (CSIRO), Australia. La presente es una traducción de su presentación “The Legacy of the Kilmore East ‘Black Saturday’ fire, February 7th 2009: Impacts and Outcomes”.

⁴ “Sábado Negro”. Hemos optado por no traducir los nombres que se asignaron a los eventos aquí relatados [N del T].

quemando más de 400.000 hectáreas, destruyendo más de 2.200 edificios, afectando severamente a distintos pueblos y comunidades y causando la muerte de 173 personas. Los eventos del *Black Saturday* y otros durante la temporada 2008-09 de incendios forestales impulsaron a la creación de la Comisión Real de Incendios Forestales de Victoria de 2009, instancia formal que debía investigar las causas e impactos de estos siniestros con el objetivo de identificar maneras de minimizar la probabilidad que futuros incendios alcancen la misma escala de daño y destrucción.

El incendio de Kilmore Este comenzó, aproximadamente, cuatro kilómetros al este del pueblo de Kilmore justo antes del mediodía del *Black Saturday* y fue el incendio más destructivo en la historia moderna de Australia. Durante sus primeras 12 horas, el fuego afectó a más de 100.000 hectáreas de tierra de cultivo, bosque nativo y plantaciones forestales y causó la muerte de 121 personas. Más de mil casas y otros edificios fueron consumidos por el fuego.

Como parte de la profunda investigación llevada a cabo sobre el comportamiento de los incendios más importantes del *Black Saturday*, se produjo una detallada reconstrucción del comportamiento y propagación del incendio de Kilmore Este con el objetivo de identificar los factores que explican la intensidad del incendio, así como su altísimo impacto en las vidas, recursos y ecosistemas afectados. De particular interés resulta el que esta descripción permite verificar el soporte empírico de la hipótesis que formula que el comportamiento de este incendio no tenía precedentes y que gran parte de sus desastrosas consecuencias podía explicarse por sus extraordinarias características.

Los resultados de nuestra investigación fueron publicados en un reporte detallado por parte del Departamento de Sustentabilidad y Medio Ambiente de Victoria y en forma de resumen en un artículo en una revista especializada.⁵ En dichos documentos se presenta una detallada discusión sobre las distintas fuentes de información utilizadas para la reconstrucción del origen y propagación del fuego así como la metodología empleada para convertir toda esta información en una narrativa de la evolución del incendio, su progreso a intervalos regulares a través de la zona afectada y las principales características de su comportamiento que explican

⁵ Cruz, M. G., A. L. Sullivan, J. S. Gould, N. C. Sims, A. J. Bannister, J. J. Hollis & R. J. Hurley. "Anatomy of a catastrophic wildfire: The Black Saturday Kilmore East fire in Victoria, Australia". *Forest Ecology and Management*, 284 (2012). En: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378112712001223>

el gran daño reportado. Para esto, se recogió información de registros del tiempo atmosférico, evidencia física de la zona afectada, registros históricos del territorio y su manejo, imágenes infrarrojas tomadas durante el incendio, fotografías aéreas previas y posteriores al incendio, imágenes satelitales y reportes de testigos que incluyeron a bomberos, observadores y público en general. El resultado de esta investigación provee una imagen en profundidad del comportamiento de los grandes incendios forestales en Australia y ubica al incendio de Kilmore Este en el contexto de eventos previos de similares características.

4.1 Resumen de los hallazgos

Como es el caso de todos los incendios forestales de importancia, las condiciones críticas que llevaron al desastre no corresponden sólo a aquellas del día en que comenzó el incendio sino también a las de los días, semanas e incluso meses y posiblemente años anteriores al evento. La temporada de incendios 2008-09 fue antecedida por varios años de lluvias significativamente por debajo del promedio y temperaturas máximas significativamente por encima de lo habitual. Una ola de calor excepcional en el sureste de Australia (en la que la ciudad de Melbourne, en el estado de Victoria, experimentó un record de tres días con una temperatura máxima por encima de los 43°C) alcanzó su apogeo ese 7 de febrero cuando los termómetros marcaron por encima de los 46°C. A esto se sumaron fuertes brisas muy secas que, combinadas con la vegetación excesivamente seca y las temperaturas extremas, proveyeron las condiciones ideales para incendios forestales de intensidad inusual.

Un poco antes del mediodía, el fuego se inició en un potrero parte de una granja al este de Kilmore. Posteriormente se identificaría el origen como una falla en una línea de transmisión eléctrica de un sólo cable⁶. Por cerca de un cuarto de hora, el fuego se propagó hacia el sur a una velocidad de dos kilómetros por hora (kmph) impulsado por un fuerte viento norte a través de pastizales sembrados para pastoreo. Por los siguientes 90 minutos, el fuego continuó avanzando hacia el sur, expandiéndose a una velocidad de cuatro kmph sobre pastizales, bosque disperso, plantaciones de pino y eucaliptus y bosque nativo más

⁶ Los sistemas de transmisión de un sólo cable SWER (por su sigla en inglés *Single-Wire Earth Return*) utilizan un único cable para transmitir electricidad monofásica de medio voltaje a grandes distancias. Este sistema se desarrolló en Australia y Nueva Zelandia como una forma de proveer electrificación rural a bajo costo (por requerir de un único cable) [N del T].

denso. Al alcanzar zonas con mayor cobertura arbórea, el incendio comenzó a lanzar al aire trozos de corteza en llamas y brasas que cayeron cientos de metros por delante del frente del incendio iniciando focos secundarios puntuales que luego serían alcanzados por el fuego principal.

Al avanzar el día, los vientos se incrementaron alcanzando los 50-60 kmph con ráfagas de hasta 80 kmph, las temperaturas subieron hasta superar los 45°C y la humedad relativa del aire cayó por debajo del ocho por ciento en la mayor parte del estado. El incendio comenzó a generar numerosos focos secundarios a distancias cada vez mayores del frente principal. Estos nuevos incendios se desarrollaron y fusionaron en frentes más grandes que rápidamente incrementaron el área afectada por el fuego en la dirección del viento. Alrededor de las 2:00 pm, el fuego alcanzó la localidad de Wandong sin aminorar su velocidad debido a la proliferación de nuevos focos. Fue en este momento que el incendio produjo las primeras muertes de personas que intentaron refugiarse en construcciones mal preparadas para ello o en campo abierto.

Cuando a las 3:00 pm el fuego alcanzó la meseta de Hume al oeste del monte Disappointment, se propagaba a una velocidad de cuatro kmph, una velocidad bastante alta para un incendio que se alimentaba fundamentalmente de combustible forestal. Sin embargo, la velocidad aumentó hasta los nueve kmph (lo más rápido que llegaría a expandirse alcanzando una velocidad cercana al máximo registrado para un incendio de bosque nativo en Australia) una vez que alcanzó el gran bosque mixto de eucaliptus en las cercanías del monte Disappointment, en una topografía incrementalmente más compleja. El fuego mantuvo su velocidad de propagación por unas cuatro horas, ardiendo a lo largo de la ladera sur de la meseta de Kinglake que delinea la cuenca principal de captura de agua potable para Melbourne. Fue durante este periodo que ocurrió la mayor parte de las muertes asociadas al incendio cuando mucha gente se vio atrapada por el fuego al intentar huir, o por no abandonar sus viviendas luego del paso del frente del incendio.

La alta liberación de energía y consiguiente intensidad de la línea de fuego (promediando entre 70 y 88 mega watts por metro⁷) que se mantuvieron por la mayor parte de la tarde, crearon una columna de convección muy fuerte elevándose

⁷ La intensidad del frente de fuego, intensidad lineal del fuego o intensidad de Byram mide la liberación de energía calorífica de un incendio y corresponde a la multiplicación de la tasa de propagación, el consumo de combustible y el calor entregado en un punto. Se mide en unidades de energía (MW) por cada metro del perímetro del incendio [N del T].

por encima de los cinco kms sobre el fuego en sus fases tempranas y alcanzando una altura máxima de entre 13 y 15 kms. Combinado con los fuertes vientos de altura prevalentes en ese momento, la altitud de la columna de convección permitió el transporte de brasas (esta vez compuesta fundamentalmente de cortezas de eucaliptus) a distancias considerables a sotavento del fuego principal alcanzando, en algunos casos, hasta 40 kilómetros de su punto de origen.

Con la dirección del viento cruzando crestas y valles, fuegos secundarios puntuales se desarrollaron rápidamente en las laderas que enfrentaban el viento y se combinaron para dar origen a fuegos de copas en los bosques de eucaliptus que no fueron alcanzados por el incendio principal. Estos incendios secundarios originaron “seudofrentes de incendio” que se propagaron independientemente del incendio original. El número y extensión de estos seudofrentes hicieron que el evento se desagregara en muchos incendios por lo que algunos residentes localizados en la zona afectada se desorientaron y no pudieron determinar la ruta más segura para intentar alejarse del incendio.

Alrededor de las 6:30 pm, el viento cambió hacia el sudoeste producto del ingreso de un frente sinóptico frío que hizo que el incendio cambiara de dirección en 90° convirtiendo el flanco este del incendio, de unos 55 kms de extensión, en el nuevo frente activo propagándose ladera arriba hacia el noreste consumiendo bosque nativo esclerófilo alto y húmedo y mixto seco/húmedo. Subsecuentes fuegos puntuales y el comportamiento del incendio principal resultaron en el desarrollo de una nube pirocumulonimbus —producto de la gran cantidad de energía liberada por la combustión— que inyectó humo y cenizas de la combustión en la estratósfera baja. Más muertes ocurrieron durante este periodo. Hacia la medianoche las condiciones se moderaron en forma significativa debido a un rápido incremento de la humedad en el combustible producto del alza en la humedad relativa, caída de las temperaturas y algunos chubascos aislados provocados por el paso del frente frío. El fuego, en la práctica, dejó de propagarse entre las 10:00 y las 11:00 pm, aunque continuaría ardiendo por semanas en los bosques húmedos más densos del este finalmente uniéndose al adyacente incendio *Murrindini* pero no aumentaría el área afectada en forma importante.

Aunque el impacto humano del incendio de Kilmore Este no tiene parangón en la historia australiana, la dinámica de comportamiento extremo del incendio y la distancia a la que fue capaz de iniciar fuegos secundarios si han sido observados en varias ocasiones en la historia reciente.

4.2 Conclusiones y recomendaciones

Incendios forestales grandes y desastrosos que ocurren en un único día y causan la mayor parte de su daño y destrucción en un periodo de ocho a diez horas son eventos relativamente frecuentes en el sudeste de Australia. Los estudios muestran claras tendencias recurrentes en los factores climáticos estacionales que conducen a mayores probabilidades de ocurrencia de incendios catastróficos como los del *Black Friday* de 1939, los de *Gippsland* en 1965, *Hobart* en 1967, los fuegos de pastizales de los distritos occidentales de Victoria en 1977 y los incendios del Miércoles de Ceniza de 1983. Más recientemente, estos han ocurrido en el *Black Saturday* de 2009 y los incendios de Tasmania de 2013. Mientras este tipo de eventos no necesariamente son causados por periodos previos de sequía extendida, los déficit en agua caída son un factor que contribuye a su desarrollo.

En el periodo inmediatamente posterior a un gran incendio forestal es frecuente escuchar que el comportamiento del fuego fue anormal o excepcional (por ejemplo, que el fuego fue capaz de viajar 60 kilómetros en un minuto) lo que eximiría de culpa y responsabilidad a los individuos. Mientras este tipo de respuestas es entendible bajo las circunstancias, no permite mejorar en la planificación, preparación e identificación y desarrollo de mejores estrategias y tácticas de respuesta. El incendio de Kilmore Este no fue una excepción. Sin embargo, los resultados del estudio de su desarrollo muestran que, aunque exhibió un comportamiento extremo, este no fue excepcional en comparación a otros incendios que ocurrieron en condiciones similares en vegetación comparable.

La investigación formal sobre los incendios del *Black Friday* produjo 67 recomendaciones destinadas a mejorar las deficiencias detectadas en las políticas de seguridad, manejo de la tierra, combustible, redes de distribución eléctrica y fuentes de ignición, así como en el manejo de emergencias, incidencias y respuesta de control del fuego. Las recomendaciones también alcanzan a las políticas de planificación, construcción, comunicaciones públicas y a la estructura organizacional de los servicios a cargo del control de incendios. Una deficiencia clave identificada fue la falta de entendimiento por parte de la población en riesgo del peligro potencial representado por los incendios forestales. Muchas de estas recomendaciones han sido consideradas en subsecuentes revisiones de los protocolos para enfrentar incendios forestales en Australia y otras mejoras están siendo incorporadas actualmente.

La investigación detallada del comportamiento del incendio de Kilmore Este proveyó de un conjunto confiable de información sobre el desarrollo de un incendio de alta intensidad que arde bajo condiciones climáticas extremas, incluyendo tasas de propagación, intensidad de la línea de fuego, energía liberada y dinámica de creación de focos secundarios que, cuando se combinan con los resultados de otros estudios, contribuyen a mejorar nuestro entendimiento de estos eventos y a mejorar nuestra habilidad de predecir su propagación y comportamiento. Esta información resulta extremadamente valiosa para testear los modelos predictivos de expansión de incendios forestales, hacer estimaciones de los gases de efecto invernadero emitidos e identificar y analizar los mecanismos en que los sistemas de control y respuesta pueden haber fallado.

Inmediatamente después de cualquier incendio forestal de magnitud es esencial recoger información detallada sobre el evento. Producir reconstrucciones exactas del comportamiento y expansión de un incendio es una labor ardua y difícil pero la oportunidad de aprender de ella para entender la naturaleza del fenómeno es muy rara y valiosa como para ignorarla. Los datos pueden ser usados en el desarrollo de nuevos modelos predictivos de comportamiento así como en mediciones de la efectividad de las estrategias de manejo y control.

Este conocimiento es importante para estimar el comportamiento potencial de un incendio forestal ardiendo bajo condiciones meteorológicas extremas y puede, en último término, reducir el impacto que incendios catastróficos inevitables tienen en la vida de las personas, sus propiedades y los ecosistemas.

5. Los incendios forestales en España: integrando la ecofisiología con la gestión y la prevención

Carlos A. Gracia⁸

Los registros de las últimas décadas ponen de manifiesto, sin lugar a dudas, que los incendios forestales que tienen lugar en el sur de Europa aumentan en número y en superficie. El cambio de usos del suelo y el cambio climático son las causas principales de este aumento.

⁸ Doctor en Biología, Universidad de Barcelona. Departamento de Biología evolutiva, Ecología y Ciencias Ambientales, Facultad de Biología, Universidad de Barcelona.

Esta tendencia no es exclusiva de las regiones mediterráneas. Todos los análisis ponen de manifiesto que el aumento de temperatura y los cambios en los patrones de precipitación asociados al aumento de la concentración de CO₂ en la atmósfera suponen un reto en muchas otras regiones del planeta. Las proyecciones del IPCC para la costa Oeste de Sudamérica indican un aumento de la temperatura de entre 1 y 6°C (escenarios RCP 2.6 y 8.5 respectivamente) hacia finales del presente siglo. Los patrones de cambio de la precipitación son menos claros y están estrechamente ligados a la latitud. Estas proyecciones coinciden con las proyecciones del Plan Nacional de Cambio Climático (2017-2022) del Ministerio del Medio Ambiente de Chile que proyectan, para el año 2030, un aumento de, por lo menos, 0.5 °C para la región austral y de 1.5 para el norte y el altiplano en el escenario de menores emisiones de gases de efecto invernadero (GEI). Pero no se trata sólo de proyecciones. En la zona centro-sur del país se ha observado una disminución estadísticamente significativa de las precipitaciones. En la zona semiárida, las precipitaciones se han caracterizado por sucesiones de años lluviosos y sequías multianuales prolongadas. Para el año 2030 se proyecta una disminución de la precipitación de entre el cinco y el quince por ciento para la zona comprendida entre los ríos Copiapó y Aysén en tanto que para el periodo 2030-2050 se proyecta una intensificación de la disminución de la precipitación.

En esta perspectiva cabe anticipar que el aumento de la temperatura, con patrones de precipitación más irregular, que conllevará periodos secos más largos, ha de conducir a una situación en la que, antes o después, se desencadenarán alteraciones severas de los ciclos biogeoquímicos, por ejemplo, carbono adicional aportado a la atmósfera como consecuencia de la descomposición de la masa orgánica (MO) del suelo, más déficit hídrico, cambios en los patrones de transpiración de las especies vegetales. En los últimos veinte años asistimos al decaimiento de numerosas masas forestales en todo el mundo, como consecuencia de la sequía y la mortalidad inducida por las altas temperaturas. El artículo de Allen et al., (2010)⁹ ilustra perfectamente la importancia de estos episodios de decaimiento, cada vez más frecuentes, a los que asistimos.

⁹ Allen, C. D., A. K. Macalady, H. Chenchouni, D. Bachelet, N. McDowell, M. Vennetier, T. Kitzberger, A. Rigling, D. D. Breshears, E. H. Hogg, P. González, R. Fensham, Z. Zhang, J. Castro, N. Demidova, J. Kim, G. Allard, S. W. Running, A. Semerci & N. Cobb. "A global overview of drought and heat-induced tree mortality reveals emerging climate change risks for forests". *Forest Ecology and Management* 259 núm. 4 (2010): 660-684.

La pregunta clave en este contexto es: ¿Qué procesos tienen lugar durante los períodos de sequía que se prevén cada vez más frecuentes?

La eficiencia con la que las plantas utilizan el agua en el proceso de intercambio de gases nos ayuda a comprender por qué el agua acostumbra a ser, en muchas comunidades, el factor más limitante para el crecimiento. Captar un gramo de carbono a través de los estomas requiere transpirar del orden de 500 g de agua. Es lo que se conoce como eficiencia en el uso del agua. Aunque diferentes plantas difieren en los valores de dicha eficiencia, dependiendo del ambiente en el que viven, lo cierto es que el agua transpirada siempre supone una cantidad entre dos y tres órdenes de magnitud superiores a la cantidad de carbono fijado. A este hecho cabe añadir que no todo el carbono fijado en la fotosíntesis se traduce en el crecimiento de la planta. Unas dos terceras partes se oxidan en los procesos respiratorios y se devuelven a la atmósfera en forma de CO₂ con lo que sólo un tercio del carbono fijado a tan elevado costo en términos de agua transpirada se destina a la formación de nuevos tejidos.

Cuadro 6: El costo de formación y mantenimientos de las hojas, madera y corteza de troncos, ramas, raíces y de las raíces finas de un encinar mediterráneo

gC·m ² de suelo·año ⁻¹	Formación	Mantenimiento	Total	Agua (mm)
Hojas	189	844	1.033	281
Madera y corteza	146	204	350	95
Raíces finas	184	95	279	76
Total	519	1.143	1.662	
Transpiración (mm/año)	141	311		452
Precipitación (mm/año)	178	392		570

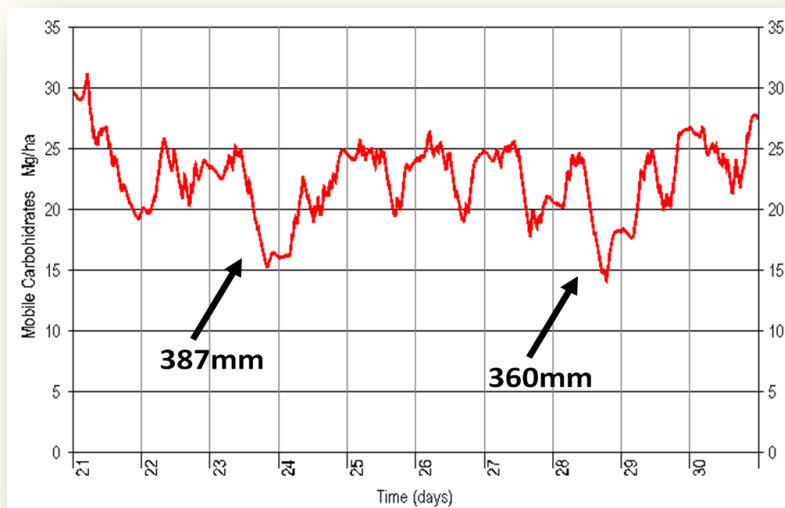
Nota: La columna de la derecha representa la cantidad de agua transpirada necesaria para compensar el costo de cada tejido en términos de carbono fijado en fotosíntesis. Las dos filas inferiores representan la transpiración y, teniendo en cuenta la fracción de agua que no resulta accesible a las raíces, la precipitación requerida para satisfacer las necesidades de transpiración. Nótese que la precipitación total de 570 mm coincide con la precipitación media de la región, lo que indica que la biomasa de las distintas fracciones de los árboles vienen limitadas por la disponibilidad hídrica. Nótese así mismo que el costo de mantenimiento de los árboles duplica el costo de formación de los tejidos aunque en las hojas este valor es casi cinco veces superior.

De las consideraciones de los datos que se resumen en el ejemplo del encinar del Cuadro 6, se comprende que, sólo para el mantenimiento de las estructuras del bosque, una vez formadas, las plantas utilizan unos 392 kg de agua/m² cada año,

que viene a representar el 70 por ciento de la precipitación anual de la región. En el caso de la vegetación con hojas esclerófilas, el costo de mantenimiento de las mismas es muy superior a su propio costo de formación y, de entre todos los tejidos, las hojas son, en términos comparativos, las estructuras más caras.

Con estos valores, considerablemente elevados, se comprende que el agua constituya el factor limitante. Este papel condiciona sobremanera las respuestas de la vegetación como ilustran los resultados de un experimento llevado a cabo en el mismo encinar mediterráneo al que nos estamos refiriendo.

Figura 1: Evolución de los carbohidratos móviles, durante un periodo de 10 años, en los tejidos del encinar referido en el texto



Nótese de la Figura 1 que, en general, las reservas decrecen desde las 25 tm/ha hasta valores próximos a las 20 tm/ha durante los meses de verano, lo que supone un consumo de unas cinco tm/ha para superar la época estival con altas temperaturas y escasa disponibilidad hídrica. Durante los dos años de precipitación escasa (387 y 360 mm anuales), la reducción de la fotosíntesis por falta de agua supone un incremento del consumo de las reservas hasta las diez tm/ha. Resulta fácil comprender que con tres años consecutivos con precipitaciones escasas como las indicadas en el caso analizado, la reserva de carbohidratos móviles puede llegar a agotarse completamente lo que se puede traducir en la mortalidad de los árboles que se observa cada vez con más frecuencia en áreas extensas.

Se trata de un encinar utilizado intensamente a lo largo de la historia para la obtención de carbón y leñas. Existen documentos que registran estas prácticas desde el año 1100. Tras el abandono de estas prácticas a mediados del pasado siglo, el rebrote de las encinas condujo a una masa forestal con una densidad de rebrotes muy elevada. En una serie de aclareos selectivos se redujo la densidad desde los 12.629 pies/ha de las parcelas control, hasta los 1.447 pies/ha de las parcelas que experimentaron el máximo aclareo. A pesar de esta drástica reducción de la densidad, los árboles de las parcelas resalveadas transpiran anualmente la misma cantidad de agua que los árboles de la parcela control ($400 \text{ litros} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{año}^{-1}$). Naturalmente, esta tasa de transpiración significa que cada uno de los árboles de las parcelas aclaradas transpiran una cantidad muy superior de agua, si se compara con la transpirada por los árboles de las parcelas control. Estos resultados se comprenden bien si se toma en consideración que el agua transpirada por el total de la masa viene limitada por el agua disponible que, en la región, no alcanza, en ningún caso, el valor de la evapotranspiración potencial que supera los 1000 mm/año.

Dicho de otro modo, los árboles transpiran toda el agua disponible a la que pueden acceder, tanto en las parcelas control, como en las resalveadas. La consecuencia importante es que en las resalveadas, con una densidad cerca de nueve veces inferior a la densidad de pies en las parcelas control, la transpiración de cada árbol resulta, en promedio, unas nueve veces más elevada. En condiciones de limitación hídrica severa (años con sequía intensa o prolongada), la tasa de transpiración de estos árboles les permite llevar a cabo una fotosíntesis capaz de compensar la tasa de respiración, sin agotar las reservas de carbohidratos móviles de la planta, durante el periodo de sequía mientras que, en las parcelas control con una densidad superior de árboles, se llega a producir una mortalidad de más del 50 por ciento de los árboles durante un año seco. La reducción de la densidad de pies se evidencia como una técnica de gestión que permite afrontar, dentro de ciertos límites, los periodos de sequía intensa que serán cada vez más intensos y duraderos en algunas regiones del planeta tal y como proyectan los modelos de cambio climático en los diversos escenarios.

Al fin y al cabo, ya hemos dicho que la respiración consume, en promedio, dos terceras partes del carbono fijado anualmente en fotosíntesis. En el encinar que nos ocupa se evidencia que durante los meses de verano, más secos y cálidos, la reserva de carbohidratos móviles decrece unas cinco toneladas/ha desde los valores normales de reserva de 25 toneladas/ha hasta valores de 20 tm/ha pero en dos años

especialmente secos con precipitaciones de 380 y 360 mm anuales, muy inferiores a la precipitación media de 560 mm anuales, el nivel de carbohidratos móviles decrece hasta las 15 tm/ha. Estos resultados ponen de manifiesto que las reservas propias en este bosque se pueden consumir completamente en un corto periodo de tiempo (unos tres años consecutivos de precipitaciones de algo más de 400 mm/año), lo que explica algunos de los episodios de mortalidad observados en masas forestales y evidencia el aumento de riesgo de incendios como consecuencia de la respuesta de la vegetación forestal a las limitaciones hídricas.

6. Los incendios en los ecosistemas mediterráneos de España: Impactos y estrategias de restauración

Ramón Vallejo y J. A. Alloza^{10, 11}

Los grandes incendios forestales, que recientemente van derivando en los llamados megaincendios, se están extendiendo por todo el mundo, tanto en territorios en los que el fuego es un fenómeno natural, como en regiones donde las igniciones naturales son infrecuentes, pero en las que la expansión reciente de las actividades humanas está generando un gran aumento del número de incendios y de las superficies quemadas. Este sería probablemente el caso de Chile. En España, y en la Europa Mediterránea en general, los grandes incendios forestales se han desencadenado a partir del último tercio del siglo XX como consecuencia del abandono del medio rural. La drástica reducción del pastoreo, del aprovechamiento de leñas y del abandono de cultivos marginales producidos a partir de mediados del siglo pasado ha dado lugar a paisajes con gran cantidad y continuidad de combustibles vegetales peligrosos, en un entorno climático favorable a la propagación del fuego. Sólo en las dos últimas décadas se ha conseguido reducir el promedio de superficies quemadas en los países del sur de la Unión Europea, gracias a enormes inversiones públicas en prevención, vigilancia y, sobre todo, en medios de extinción. Ello no impide que, con cierta frecuencia, se produzcan incendios catastróficos en uno u

¹⁰ En el seminario llevado a cabo en el Centro de Estudios Públicos expuso el profesor Vallejo. Sin embargo, el documento aquí reproducido y base de dicha presentación es de autoría conjunta con el profesor Alloza.

¹¹ Ramón Vallejo es Doctor en Biología de la Universidad de Barcelona, trabaja en la Fundación Centro de Estudios Ambientales del Mediterráneo (CEAM) y es académico del Departamento de Biología Evolutiva, Ecología y Ciencias Ambientales de la Universidad de Barcelona. José Antonio Alloza es Doctor en Ingeniería Agrónoma de la Universidad de Valencia y trabaja en CEAM.

otro país del sur de Europa, como en Grecia en 2007 donde se quemaron en pocos días unas 200.000 ha (sobre 3,8 millones de hectáreas forestales totales, es decir un 5,2 por ciento), con más de 70 muertes. En España, en el año 1994 se quemaron más de 400.000 ha (del orden de un dos por ciento del territorio forestal). Las proyecciones de cambio climático prevén para las regiones mediterráneas una estación de incendios más larga y severa, mayor probabilidad y mayor frecuencia de grandes incendios, nuevas áreas (más vulnerables) afectadas y un mayor riesgo en la interfaz urbano-forestal.

En el presente trabajo se analizan los impactos ecológicos de los incendios forestales y se desarrolla una estrategia de restauración de montes quemados sobre la base de nuestra experiencia en España y en el sur de Europa en general. Lógicamente, las características biogeográficas de la región de clima mediterráneo de Chile son bastante diferentes a las europeas (Vallejo et al. 2012a¹²; Keeley et al. 2012¹³). No obstante, seguramente hay suficientes fundamentos ecológicos comunes que permitan visualizar un futuro desarrollo de estrategias integradas de restauración, aplicables a todas las regiones de clima mediterráneo.

6.1 Resumen del contenido

La restauración de las zonas afectadas por grandes incendios requiere movilizar gran cantidad de recursos (no sólo económicos). Por ello, en estos proyectos resulta imprescindible seleccionar y priorizar cuidadosamente las actuaciones, atendiendo a criterios técnicos y científicos contrastados. Nuestra metodología sintetiza, de forma normalizada, los últimos avances técnicos y científicos sobre la restauración de las zonas quemadas. La metodología se estructura en diferentes fases y parte de la hipótesis que sostiene que los impactos ecológicos de los incendios se pueden predecir a partir de las propiedades del ecosistema (resiliencia) y del territorio, y de la severidad del fuego. Además, la metodología aporta la flexibilidad necesaria para complementar y matizar la perspectiva ecológica en función del potencial impacto en la población e infraestructuras.

¹² Vallejo, V. R., E. B. Allen, J. Aronson, J.G. Pausas, J. Cortina & J. R. Gutiérrez, "Restoration of Mediterranean-type woodlands and shrublands", en *Restoration Ecology: The New Frontier*, editado por J. van Andel & J. Aronson, 130-44. Oxford: Blackwell Publishing Ltd., 2012a.

¹³ Keeley, J.E., W.J. Bond, R.A. Bradstock, J.G. Pausas, P.W. Rundel. "Fire in Mediterranean ecosystems". *Ecology, evolution and management*. Nueva York: Cambridge University Press, 2012.

En función de la severidad, el incendio puede originar daños directos sobre la vegetación y fauna, e indirectos en el suelo a través de la liberación de calor y deposición de cenizas. Estos impactos afectan generalmente a la disponibilidad de nutrientes, la actividad biológica y, en los incendios de alta severidad, a las propiedades físicas del suelo. Los incendios de más alta intensidad pueden llegar a alterar las propiedades físicas de los suelos, especialmente en la capacidad de infiltración del agua en el suelo por la formación de una capa hidrofóbica (García-Chevesich et al. 2010¹⁴) o por la formación de una costra superficial después de las primeras lluvias tras el fuego (Llovet y Vallejo 2010¹⁵).

La disminución en la capacidad de infiltración, junto con la reducción transitoria de la cubierta vegetal, incrementa el riesgo de erosión y escorrentía post-fuego (Vallejo y Alloza 1998). Después del fuego es prioritaria la conservación del suelo, lo cual requiere previamente controlar la erosión y escorrentía ya que los procesos erosivos pueden producir una intensa degradación, con pérdidas irreversibles de suelos (Shakesby 2001¹⁶).

La erosión del suelo puede considerarse el efecto más irreversible de los incendios, por ello, mitigar la erosión post-incendio en las zonas más vulnerables es una de las primeras prioridades en la gestión post-incendio (Vallejo y Alloza 1998¹⁷). La evaluación para identificar y priorizar las actuaciones en las zonas más vulnerables es necesaria incluso en regiones sometidas a una incidencia histórica de incendios. La combinación de nuevas características de los ecosistemas y/o del régimen de incendios pueden producir impactos que conduzcan a una degradación irreversible, por ejemplo, cambios abruptos en las características del combustible, en los patrones de ignición o en las condiciones atmosféricas.

¹⁴ García-Chevesich, P., R. Pizarro, C.L. Stropki, P. Ramírez de Arellano, P.F. Ffolliott, L.F. DeBano, D.G. Neary & D.C. Slack. "Formation of post-Fire Water-Repellent Layers in Monterrey Pine (*Pinus radiata* d. don) Plantations in South-Central Chile". *Journal of Soil Science and Plant Nutrition* 10 vol. 4 (2010): 399-406.

¹⁵ Llovet, J. & V.R. Vallejo. "Post-fire Dynamics of Soil Surface Compaction in relation to the Previous Stage of Land Abandonment". *Cuaternario y Geomorfología* 24 vol. 3-4 (2010): 53-62.

¹⁶ Shakesby, R.A. "Post-wildfire soil erosion in the Mediterranean: Review and future research directions". *Earth-Science Reviews* 105 (2011): 71-100.

¹⁷ Vallejo, V.R. & J.A. Allozal. "The restoration of burned lands: The case of eastern Spain". En *Large Forest Fires*, editado por J.M. Moreno. Lieden: Backhuys Publ., 1998.

6.1.1 Objetivos de la restauración

Para abordar la restauración posterior al incendio se deben definir previamente los objetivos y realizar un diagnóstico que permita analizar si el régimen de incendios está afectando a la resiliencia del ecosistema. Los objetivos de la restauración pueden ser muy diversos (Vallejo y Alloza 2012¹⁸), dada la variedad de características biofísicas y socioeconómicas de las zonas afectadas. De manera general, para la restauración de zonas quemadas se puede establecer, como objetivo global, la prevención de daños posteriores al incendio (erosión, inundaciones), aumentar la capacidad de resiliencia al fuego y la biodiversidad, mejorando la prevención de nuevos incendios.

6.1.2 Actuaciones urgentes

En esta fase se identifican las zonas más vulnerables y se proponen, en caso necesario, las actuaciones más urgentes para estabilizar la zona afectada y prevenir riesgos. La información necesaria se obtiene de información cartográfica, contrastada con visitas de campo a las zonas quemadas. Las prospecciones de campo se realizan con unos itinerarios y toma de datos según un protocolo específico para identificar los impactos del fuego sobre el suelo, el ciclo hidrológico y la vegetación (Alloza et al. 2014¹⁹).

La severidad del fuego se considera como un factor crítico en el impacto de los incendios y su posterior regeneración. La identificación de las áreas más vulnerables se realiza sobre la base de la predicción del riesgo de erosión y escorrentía, la predicción de la capacidad de regeneración de las especies dominantes y en función de la severidad del incendio y de las características del paisaje. La recuperación de la cubierta vegetal es un factor crítico en el control de la erosión de las zonas quemadas (Vallejo et al. 2015²⁰). La recuperación de las propiedades físicas, químicas

¹⁸ Vallejo, V. R. & J. A. Alloza. "Post-fire Management in the Mediterranean Basin". *Israel Journal of Ecology and Evolution* 58 (2012): 251-264.

¹⁹ Alloza, J. A., S. García, T. Gimeno, J. Baeza, V. R. Vallejo, L. Rojo & A. Martínez. Guía técnica para la gestión de montes quemados. Protocolos de actuación para la restauración de zonas quemadas con riesgo de desertificación. Madrid: Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, 2014.

²⁰ Vallejo, V.R. & J.A. Alloza. "Postfire Ecosystem Restoration". En *Wildfire hazards, risks, and disasters*, editado por D. Paton, P. T. Buergelt, S. McCaffrey & F. Tedim. Amsterdam: Elsevier, 2015.

cas y biológicas del suelo depende de la dinámica post-incendio de la materia orgánica, la cual también es controlada por la regeneración de la vegetación después del fuego. La velocidad de la regeneración post-incendio es dependiente de la estrategia de regeneración dominante entre la vegetación (Vallejo y Alloza 1998). Para los ecosistemas de la cuenca mediterránea, la abundancia de especies rebrotadoras es clave para explicar la velocidad de recuperación vegetal y resiliencia de los ecosistemas (Vallejo et al. 2012b²¹).

En las zonas propensas a incendios, la vegetación presenta distintas adaptaciones para recuperarse después del fuego, bien a nivel individual o a nivel de población (Keeley et al. 2012), adaptación que resulta esencial en la resiliencia de los ecosistemas al fuego. El tipo de vegetación que se regenera dependerá de la composición de la vegetación pre-incendio.

Identificados los impactos y las zonas más vulnerables, esta fase concluye con la selección de técnicas específicas para mitigar la degradación y ayudar a la regeneración (Duguay et al. 2012²²; Vallejo y Alloza 2012). Las actuaciones seleccionadas se consideran medidas de emergencia para mitigar los daños y estabilizar los suelos y, para garantizar su plena efectividad, deben estar ejecutadas sobre el terreno con antelación a las primeras lluvias intensas. En el catálogo BAER se puede consultar una exhaustiva relación de técnicas de rehabilitación de emergencia (Napper 2006²³); en Alloza et al., (2014) también se recoge una relación de tratamientos aplicados en el entorno mediterráneo.

6.1.3 Ayuda a la regeneración

Superada la primera fase de prevención de riesgos, el objetivo de la gestión se debe centrar en asegurar la recuperación de la cobertura vegetal para aumentar la resistencia y resiliencia del monte frente a nuevos incendios forestales.

²¹ Vallejo, V. R., M. Arianoutsou, & F. Moreira. "Fire Ecology and Post-Fire Restoration Approaches in Southern European Forest Types". En *Post-Fire Management and Restoration of Southern European Forests*. Editado por F. Moreira, M. Arianoutsou, P. Corona & J. de las Heras. Dordrecht: Springer, 2012.

²² Duguay, B., J. A. Alloza, M. J. Baeza, J. De la Riba, M. T. Echeverría, P. Ibarra, J. Llovet, F. Pérez-Cabello, P. Rovira, V.R. Vallejo. "Modelling the ecological vulnerability to forest fires in Mediterranean ecosystems using geographic information technologies". *Environmental Management* 50 (2012).

²³ Napper, C. BAER – Burned Area Emergency Response Treatments Catalog. San Dimas: USDA Forest Service, 2006.

A partir de los dos a cinco años del incendio se pueden realizar muestreos de seguimiento para contrastar la eficacia de las actuaciones de urgencia y para efectuar un diagnóstico sobre el grado de recuperación de la vegetación. En función de dicho diagnóstico se determinará la eventual necesidad de actuaciones para la ayuda a la regeneración natural y para mejorar la biodiversidad y resiliencia del ecosistema. En esta fase puede ser recomendable la introducción de especies rebrotadoras leñosas autóctonas para aumentar la resiliencia al fuego y reducir el riesgo de incendio en los ecosistemas degradados.

6.1.4 Restauración forestal a medio y largo plazo

A medio y largo plazo, los objetivos pueden ser extremadamente diversos, dependiendo de la diversidad de sistemas sociales y ecológicos afectados (Vallejo y Alloza 2012). Esta diversidad dificulta la aplicación de unas reglas generales; sin embargo, a medio y largo plazo, la restauración de las zonas debe recuperar la integridad del ecosistema (funcional y estructuralmente) y los servicios ecosistémicos, junto a su integración paisajística de manera que se puedan desarrollar formaciones vegetales maduras autosostenibles cuya composición y estructura permitan la revalorización del monte.

En este marco, el seguimiento y la evaluación de resultados deben aplicarse en todas las fases y en todas las actuaciones de restauración para facilitar una gestión adaptable a las incertidumbres inherentes a la restauración ecológica.

6.2 Conclusiones y recomendaciones

La metodología de evaluación expuesta en los párrafos anteriores se ha publicada en formato de guía técnica (Alloza et al. 2014). Esta guía pretende aportar a los gestores de las zonas quemadas del ámbito mediterráneo unas pautas de actuación normalizadas para la evaluación e identificación de zonas vulnerables a los incendios. En esta línea, también se ha desarrollado una herramienta informática de apoyo a la toma de decisiones en la gestión de las áreas quemadas (POSTFIRE-DSS). Esta herramienta proporciona procedimientos de evaluación e información relacionados con la restauración de zonas quemadas, en un entorno informático fácilmente aplicable.

Sobre nuestra experiencia en la Europa Mediterránea, podemos proponer las siguientes recomendaciones para abordar la restauración de ecosistemas quemados en Chile:

La restauración post-incendio debe estar basada en la evaluación del impacto de los incendios y en la resiliencia del ecosistema. El control de la erosión y exceso de escorrentía es un objetivo prioritario en la gestión post-incendio, tanto en bosques naturales como en plantaciones intensivas. Los elementos esenciales para predecir los impactos del fuego, y para identificar las posteriores acciones de restauración, son las interacciones de régimen de fuego con la estrategia de regeneración de la vegetación. Es esencial conocer la capacidad de respuesta natural de los bosques y matorrales nativos al fuego y, por lo tanto, su vulnerabilidad en función de la severidad del fuego, de manera que se puedan orientar y priorizar las actuaciones de restauración ecológica.

Las acciones y técnicas de restauración deben de estar enmarcados en los objetivos de gestión establecidos previamente y en sintonía con los riesgos ecológicos y sociales específicos asociados a los impactos, directos e indirectos, de fuego.

7. Respuestas de las plantas a los regímenes de fuego

Susana Paula²⁴

La pasada temporada estival (2017) fue la más catastrófica registrada por CONAF en cuanto a la incidencia de incendios en el territorio nacional. Varias personas fallecieron y se cuentan por miles de millones de pesos las pérdidas económicas. Los fuegos afectaron núcleos urbanos, cultivos, plantaciones y vegetación natural, que en total suponen más de 500.000 ha quemadas. Se estima que la restauración de todos los bosques y matorrales afectados por los incendios del último verano supondría más de 30.000 millones CLP. Es por ello que se requiere priorizar la restauración de aquellos sitios más severamente afectados y planificar las estrategias restaurativas con base científica, a partir de la disciplina conocida como ecología del fuego.

Muchas especies de plantas presentan mecanismos mediante los cuales resisten los incendios forestales, bien sea a nivel individual (p. ej., rebrotando) o poblacional

²⁴ Doctora en Recursos Naturales y Medio Ambiente de la Universidad de Cádiz y profesora del Instituto de Ciencias Ambientales y Evolutivas de la Universidad Austral de Chile.

(reclutando nuevos individuos). En este sentido, la flora de Chile central no es una excepción. Tras el fuego, muchas plantas leñosas son capaces de regenerar su biomasa aérea por medio de rebrote (el 82 por ciento de las 120 especies estudiadas). Además, los bancos de semillas de un número no menor de especies leñosas son tolerantes a las elevadas temperaturas registradas durante los incendios (el 83 por ciento de las 18 especies estudiadas resisten al menos 100°C por cinco minutos). Esto no significa que dichas plantas sean inmortales: son capaces de persistir bajo un régimen de incendio particular, es decir, determinada intensidad, frecuencia, estacionalidad y modo de propagación. Si los incendios aumentan su frecuencia o severidad por encima de ciertos umbrales, la persistencia post-incendio de estas plantas se vería mermada sensiblemente, con las consabidas consecuencias en términos de erosión. Además, fuegos de elevada intensidad ofrecen una ventana para la invasión por plantas exóticas capaces de rebrotar y/o reclutar nuevos individuos a partir de semillas resistentes al fuego.

Lamentablemente, es muy escasa la información disponible sobre cómo la frecuencia y la intensidad de los incendios modula la capacidad de rebrote y de germinación post-fuego en la flora del centro-sur de Chile. Compilar dicha información y sistematizarla en bases de datos accesibles es clave para poder establecer planes de restauración ecológica viables, minimizando los costos económicos asociados. Futuros estudios orientados a tal efecto permitirán afrontar con rapidez eventos similares a los ocurridos este verano, los cuales se prevén serán más frecuentes considerando los escenarios predichos de cambio climático.

8. El impacto de los incendios rurales de la temporada 2016/17 en Forestal Mininco S.A.

Eduardo Hernández F.²⁵

La última temporada de incendios fue sin duda la más catastrófica en la historia de Chile y también de CMPC. Dejó once personas fallecidas a nivel nacional, además de cuantiosas pérdidas económicas y medio ambientales. Una sequía prolongada, elevadísimas temperaturas —que batieron récords en algunas localidades durante el verano— y altos índices de participación humana fueron factores que se conjugaron para desencadenar megaincendios jamás vistos en el país, cuyo descontrol la-

²⁵ Eduardo Hernández es Ingeniero Forestal y Gerente General de Forestal Mininco, empresa CMPC.

mentablemente sobrepasó los esfuerzos realizados para contenerlos. En este marco, Forestal Mininco, brazo forestal de Empresas CMPC, sufrió pérdidas por cerca de 19.000 hectáreas de plantaciones, las que alcanzan las 27.00 hectáreas si consideramos bosque nativo, matorrales, praderas y otras superficies.

Este documento contiene un resumen de los daños, una descripción de los cuatro incendios más relevantes —que explican más del 87 por ciento de las pérdidas totales— los recursos utilizados por la empresa, las acciones que dieron buenos resultados durante la temporada, las causas e impactos, y oportunidades de mejora.

8.1 Resumen del contenido

8.1.1 Resumen de los daños

Las cifras a nivel nacional entregadas por la Corporación Nacional Forestal (CONAF) señalan que, durante el periodo comprendido entre el 18 de enero y el 5 de febrero de este año, resultaron quemadas más de 470.000 hectáreas en total. En 19 días, como resultado de distintos incendios distribuidos entre las Regiones VI y VIII, se quemaron 280.555 hectáreas de plantaciones forestales, más de 77.000 hectáreas de bosque nativo, una cifra similar de praderas y matorrales, 31.000 hectáreas de terrenos agrícolas y unas 5.000 hectáreas de otras superficies.

En este contexto, los incendios afectaron más de 27.000 hectáreas de Forestal Mininco: 19.000 hectáreas de plantaciones (sobre un 90 por ciento de pino), 3.400 hectáreas de bosque nativo y zonas de protección, 2.200 hectáreas de matorrales, sectores limpios y cosechados, 860 hectáreas clasificadas como Áreas de Alto Valor de Conservación (AAVC) y más de 1.400 hectáreas de otros usos. Es importante señalar que la compañía asumió de inmediato el fuerte compromiso de restaurar con especies nativas cada hectárea de bosque nativo que resultó quemada y de donar 500.000 plantas nativas para el proceso de restauración de predios de comunidades vecinas. En cuanto al trabajo en AAVC, en particular, es importante destacar dos sectores que resultaron severamente afectados por el fuego: Los Ruiles de Empeдрado (especie nativa única en el mundo, endémica de Chile, en peligro crítico de extinción) y los Hualos de Loanco, especie vulnerable, ambas en la VII Región. En el primer caso se están ejecutando labores para recuperar las 138 hectáreas quemadas y aumentar esta superficie a 312 hectáreas. En el segundo caso resultaron quemadas las 702 hectáreas y el plan es aumentarlas a más de mil. Se trata de una tarea que, además de requerir una alta inversión, exige gran esfuerzo y dedicación.

La experiencia indica que uno de los efectos ambientales más graves del paso del fuego es el daño sobre el suelo. El deterioro y/o la eliminación de la vegetación producto de las llamas deja a los suelos susceptibles a la erosión producto del agua y del viento. Por ello, Forestal Mininco está realizando una serie de actividades tendientes al control de la erosión: construcción de diques (cursos de agua permanentes), empalizadas (cursos de agua temporales), disipadores de energía (reducción de flujo) y siembras de avena u otras gramíneas que permiten cubrir el suelo de manera rápida para protegerlo. Serán más de dos mil obras de este tipo las que serán ejecutadas en los próximos meses.

8.1.2 Fichas de los cuatro incendios más relevantes

El 87 por ciento del daño a plantaciones de Forestal Mininco está explicado por cuatro incendios principales: San Francisco VIII, Pan Grande, Mardoñal y El Caracol.

a) *San Francisco VIII*

- Superficie total: 168.403 hectáreas.
- Superficie Forestal Mininco: 12.710 hectáreas.
- Fecha: 21 de enero.
- Comunas: Empedrado, Constitución, Chanco, Cauquenes y San Javier.
- Dimensión: 71 km largo x 37 km ancho.

b) *Pan Grande*

- Superficie total: 2.908 hectáreas.
- Superficie Forestal Mininco: 1.078 hectáreas.
- Fecha: 21 de enero.
- Comunas: Collipulli.
- Dimensión: 23 km largo x 1 km ancho.

c) *Mardoñal*

- Superficie total: 2.768 hectáreas.
- Superficie Forestal Mininco: 1.668 hectáreas.
- Fecha: 26 de enero.
- Comunas: Hualqui y San Rosendo.
- Dimensión: 9 km largo x 4,5 km ancho.

d) *Caracol*

- Superficie total: 701 hectáreas.

- Superficie Forestal Mininco: 322 hectáreas.
- Fecha: 22 de febrero.
- Comunas: Cauquenes.
- Dimensión: 6 km largo x 1 km ancho.

8.1.3 Recursos utilizados en el combate

Originalmente, Forestal Mininco presupuestó US\$ 15 millones en recursos para el combate de la temporada, pero dadas las características de la catástrofe fue necesario inyectar recursos adicionales, superando los US\$ 20 millones al final de la temporada. Lo anterior sin considerar los más de US\$ 2 millones invertidos en prevención.

Se presenta a continuación un listado resumido de los recursos utilizados durante la temporada. Estas cifras consideran tanto los recursos presupuestados como los adicionales que fue necesario incluir para superar la emergencia:

- Más de 1.200 personas trabajando exclusivamente en el combate.
- Nueve aviones de combate Air Tractor.
- Doce helicópteros, incluido un Kamov, aeronave de origen ruso de alta versatilidad.
- Dos aviones de vigilancia y coordinación.
- Más de cien torreros.
- Cien vigías motorizados.
- Brigadas cisterna y mecanizadas.
- Cámaras de alta resolución para el envío de imágenes en tiempo real a la Central de Protección.
- Aeronaves no tripuladas (Drones - UAV).

Entre las acciones que dieron buenos resultados durante estos mega incendios se encuentra la detención de manera generalizada de todas las faenas en la VII región y cerca del 50 por ciento de las faenas de la VIII región. Todos los recursos detenidos de estas faenas se utilizaron a gran escala en la contención y combate de incendios (*skidders*, *harvesters*, *bulldozers* y numerosos camiones aljibe). En esta misma línea cabe destacar que los esfuerzos que se hicieron para aumentar los recursos aéreos trajeron buenos resultados, sumando tres helicópteros y dos aviones a nuestra flota, así como la incorporación de expertos a la Unidad de Análisis.

Se priorizó el combate de incendios privilegiando decididamente el apoyo a la protección de nuestros vecinos, con lo que se logró, por ejemplo, proteger con éxito a la comunidad de Villa Esperanza en la comuna de Collipulli, localidad de la Región de La Araucanía donde existen alrededor de 250 casas que estuvieron en riesgo por los incendios de fines de enero. Se actuó a tiempo, con decisión y rapidez para evitar daños a la comunidad.

Cerca del 50 por ciento de los incendios combatidos durante la última temporada se realizó fuera del patrimonio de Forestal Mininco, lo que se traduce en un apoyo directo a nuestros vecinos.

8.1.4 Breve análisis de las causas

De acuerdo a la información entregada por la Corporación Chilena de la Madera (CORMA), un 64,7 por ciento de todos los incendios que se produjeron durante la temporada pasada fueron de origen intencional. Un 7,1 por ciento está explicado por accidentes eléctricos, un 5,5 por ciento por el tránsito de personas y vehículos de todo tipo, un 5,4 por ciento por incendios iniciados en casas particulares u otras edificaciones, un 5,2 por ciento por faenas agropecuarias y un 3,7 por ciento por faenas forestales. De acuerdo a la misma información, sólo un 0,3 por ciento de los incendios está clasificado como de origen natural. Es evidente que son muy escasos los incendios cuyo origen no está relacionado con la acción del hombre, ya sean intencionales, por un actuar negligente o por otras causas asociadas.

8.2 Conclusiones y recomendaciones

Once víctimas fatales a nivel nacional, daños medioambientales severos, cuantiosas pérdidas económicas, son sin duda un triste resultado del cual podemos obtener varias lecciones. Como Forestal Mininco principalmente enfocaremos nuestros esfuerzos en mejorar el combate y la prevención de incendios, siendo este último aspecto clave en la planificación estratégica de la protección forestal.

8.2.1 Combate de incendios rurales

En orden de mejorar la capacidad de combate de la empresa, se revisará en profundidad el diseño técnico de la utilización de los recursos disponibles, analizando

los tiempos de respuesta, la distribución de los recursos, el tamaño y el tipo de las aeronaves a utilizar. Se seguirá trabajando en temas de detección conjunta con otras empresas e instituciones y se buscará optimizar la coordinación con entidades públicas para poder enfrentar de mejor manera estos megaincendios.

Adicionalmente, evaluar la posibilidad de disponer de aviones de otras instituciones equipados para en combate de incendios, por ejemplo los Hércules C-130 (similares a los que envió como ayuda Brasil) y capacitar a sus pilotos en combate diurno y nocturno. En esta misma línea se podría evaluar la disponibilidad de helicópteros Puma y Súper Puma de la Fuerza Aérea y aumentar la cantidad y disponibilidad de las brigadas BRIFE (Brigadas Forestales del Ejército). Se podría trabajar, en definitiva, en establecer un plan de control, vigilancia y combate de las FFAA, que se active de manera oportuna en caso de catástrofes importantes.

8.2.2 Prevención de incendios forestales

La prevención es sin duda el factor más relevante para evitar grandes incendios y donde concentraremos los mayores esfuerzos. El objetivo de la prevención es anticiparse al inicio y posteriormente a la propagación del fuego, disminuyendo sus potenciales daños sobre las personas, bienes y recursos. En esta línea, Forestal Mininco ya está trabajando para reforzar y ampliar su red de cortafuegos —que actualmente supera las 4.000 hectáreas—, se están elaborando planes de reducción de combustibles al interior de los predios y en las áreas de Interfaz, que son los sectores donde el bosque se encuentra cercano a casas, centros poblados, construcciones u otras dependencias.

Estos planes de reducción de combustible se concentrarán principalmente en el reforzamiento de nuestras actividades de silvicultura preventiva, las que básicamente buscan disminuir la vegetación en las áreas de interfaz, reduciendo de manera gradual la densidad árboles y desechos forestales a través del manejo forestal (podas y raleos).

En el mediano y largo plazo, continuaremos incorporando activamente a nuestros vecinos en actividades de detección y prevención buscando primero educar y crear conciencia del peligro de los incendios y, luego, entregando herramientas que permitan empoderar a las personas de tal manera que la disminución de la ocurrencia y de los impactos del incendio sea consecuencia de un trabajo mancomunado con la comunidad.

9. Aprendizajes y líneas de acción

Lo nuevo del fenómeno experimentado por Chile en el verano de 2017 (básicamente por su magnitud e intensidad) hace necesario plantear la necesidad de reflexionar al respecto y evaluar si nuestras políticas para abordarlos son las apropiadas, y si así no lo fuera, adaptarlas al nuevo escenario.

Sabemos que son eventos con una probabilidad relevante de repetición y tenemos el deber de estar preparados o por lo menos no sorprendidos de las consecuencias. Puede ser que no logremos estar cien por ciento listos para la temporada 2018, pero hay acciones de corto plazo que pueden implementarse y, de todas maneras, debemos comenzar a pensar en el largo plazo y en aquellas medidas estructurales que se pueden realizar.

Dentro de las medidas estructurales a implementar está la consideración de la interfaz rural/forestal/urbana, la que ha quedado claro (Valparaíso, Santa Clara, etc.) que debe sufrir modificaciones importantes. El no hacerlo a la brevedad es una receta para el fracaso, incluyendo la pérdida de vidas humanas.

La restauración de las zonas afectadas por grandes incendios requiere movilizar gran cantidad de recursos (no sólo económicos). Por ello, resulta imprescindible seleccionar y priorizar cuidadosamente las actuaciones, atendiendo a criterios técnicos y científicos contrastados.

Las metodologías de restauración parten de la hipótesis que señala que los impactos ecológicos de los incendios se pueden predecir a partir de las propiedades del ecosistema (resiliencia), del territorio y de la severidad del fuego. Se debe complementar, priorizar y matizar la perspectiva ecológica en función del potencial impacto en la población e infraestructura. Por lo anterior, debe existir a nivel gubernamental (CONAF) un Plan de Prevención, Control, Priorización (al límite hay áreas que deben dejarse quemar en detrimento de otras) y Recuperación. En el mismo contexto, se deben desarrollar esfuerzos para la protección de ecosistemas con niveles críticos de representación (< 20 por ciento de superficie potencial en el caso chileno), estableciendo, desde ya, mecanismos para la protección de estos ecosistemas.

La información disponible sobre cómo la frecuencia y la intensidad de los incendios modula la capacidad de rebrote y de germinación post-fuego en la flora del centro-sur de Chile es escasa. Compilar dicha información y sistematizarla en bases

de datos accesibles es clave para poder establecer planes de restauración ecológica viables, minimizando los costos económicos asociados. Futuros estudios orientados a tal efecto permitirán afrontar con rapidez eventos similares a los ocurridos este verano, los cuales se prevén serán más frecuentes considerando los escenarios predichos de cambio climático.

Después del fuego es prioritaria la conservación del suelo, lo cual requiere previamente controlar la erosión y escorrentía ya que los procesos erosivos pueden producir una intensa degradación, con pérdidas irreversibles de suelos.

La erosión del suelo puede considerarse el efecto más irreversible de los incendios, por ello, mitigar la erosión post-incendio en las zonas más vulnerables es preeminente. La evaluación previa (Plan) y posterior verificación para identificar y jerarquizar las actuaciones en las zonas más vulnerables es necesaria, incluso en regiones sometidas a una incidencia histórica de incendios. La combinación de nuevas fisonomías de los ecosistemas y/o del régimen de incendios puede producir impactos que conduzcan a una degradación irreversible, por ejemplo, cambios abruptos en las características del combustible, en los patrones de ignición o en las condiciones atmosféricas sitio específicas.

Dentro de las primeras prioridades se deben identificar las zonas más vulnerables a fin de estabilizar la zona afectada y prevenir riesgos. La severidad del fuego se considera como un factor crítico en el impacto de los incendios y su posterior regeneración.

Superada la primera fase de prevención de riesgos, el objetivo de la gestión se debe centrar en asegurar la recuperación de la cobertura vegetal para aumentar la resistencia y resiliencia frente a nuevos incendios forestales.

A medio y largo plazo, los objetivos dependerán de la diversidad de sistemas sociales y ecológicos afectados. A medio y largo plazo, la restauración de los territorios debe tender a recuperar la integridad del ecosistema (funcional y estructuralmente) y los servicios ecosistémicos, junto a su integración paisajística, de manera que se puedan desarrollar formaciones vegetales maduras autosostenibles, cuya composición y estructura permitan la revalorización del bosque o matorral.

Los estudios en Australia muestran claras tendencias recurrentes en los factores climáticos estacionales que conducen a mayores probabilidades de ocurrencia de incendios catastróficos. Mientras este tipo de eventos no necesariamente son cau-

sados por periodos previos de sequía extendida, los déficit en agua caída son un factor que contribuye a su desarrollo.

En el periodo inmediatamente posterior a un gran incendio forestal es frecuente escuchar que el comportamiento del fuego fue anormal o excepcional (por ejemplo, que el fuego fue capaz de viajar 60 kilómetros en un minuto) lo que eximiría de culpa y responsabilidad a los individuos. Este tipo de respuestas no permite mejorar la planificación, preparación e identificación y desarrollo de mejores estrategias y tácticas de respuesta.

Es necesario que la investigación formal sobre los incendios, además de transparente, genere recomendaciones destinadas a mejorar las deficiencias detectadas en las políticas de seguridad, manejo de la tierra, combustible, redes de distribución eléctrica y fuentes de ignición, así como en el manejo de emergencias, incidencias y respuesta de control del fuego.

Las recomendaciones también deberían alcanzar a las políticas de planificación, construcción, comunicaciones públicas y a la estructura organizacional de los servicios a cargo del control de incendios.

Es necesario, además, crear campañas de educación para generar entendimiento por parte de la población del riesgo del peligro potencial representado por los incendios forestales.

Inmediatamente después de cualquier incendio forestal de magnitud es esencial recoger información detallada sobre el evento. Producir reconstrucciones exactas del comportamiento y expansión de un incendio es una labor ardua y difícil, pero la oportunidad de aprender de ella para entender la naturaleza del fenómeno es muy rara y valiosa como para ignorarla.

Serie Debates de Política Pública

Incendios forestales. Implicancias de política pública

RICARDO KATZ / LEONEL SIERRALTA / JOSÉ ANTONIO ALLONZA / AARON CAVIERES / CARLOS GRACIA / EDUARDO HERNÁNDEZ / SUSANA PAULA / ANDREW SULLIVAN / RAMÓN VALLEJO

Número 24, Septiembre de 2017

Political approval ratings and economic performance: evidence from Latin America

RODRIGO CERDA, NATALIA GALLARDO, RODRIGO VERGARA

Número 23, Agosto de 2017

¿Quién debe iniciar la acción penal en materia tributaria?

MAURICIO DUCE, RICARDO ESCOBAR

Número 22, Agosto de 2017

Críticas a la metodología y sistematización del proceso constitucional

LUCAS SIERRA I.

Número 21, Mayo de 2017

Autonomía de las instituciones de educación superior en el proyecto de ley de educación superior.

Una mirada desde la perspectiva de los criterios de la Comunidad Europea

JORGE CORREA REYMOND

Número 20, Marzo de 2017

Desarrollo Urbano de Santiago: Perspectivas y Lecciones

RAPHAEL BERGOEING, SLAVEN RAZMILIC

Número 19, Enero de 2017

Más equidad y eficiencia en Isapres: Evaluación y propuestas al mecanismo de compensación de riesgos

JOSEFA HENRÍQUEZ, CAROLINA VELASCO, EMMANOUIL MENTZAKIS, FRANCESCO PAOLUCCI

Número 18, Diciembre de 2016

Acuerdo Transpacífico de Libre Comercio, derechos de autor e internet: Dos visiones

DANIEL ÁLVAREZ VALENZUELA, RODRIGO VELASCO ALESSANDRI

Número 17, Septiembre de 2016

Historia, legislación comparada y revisión de sus funciones

CRISTÓBAL HASBUN

Número 16, Agosto de 2016

El diálogo de dos desafíos: Evolución y relación de la desigualdad y la escolaridad en Chile

ESTÉFANO RUBIO

Número 15, Mayo de 2016

Cambios en la participación electoral tras la inscripción automática y el voto voluntario

LORETO COX A., RICARDO GONZÁLEZ T.

Número 14, Marzo de 2016

Las desigualdades en la atención médica en los últimos 20 años

CAROLINA VELASCO O. Y JOSEFA HENRÍQUEZ (autores)

Número 13, Noviembre de 2015

Enfoques complementarios para la evaluación social de proyectos

CLAUDIO A. AGOSTINI, SLAVEN RAZMILIC (autores)

Número 12, Octubre de 2015

Reforma de la política: Una mirada sistémica
ISABEL ANINAT S., LUCAS SIERRA I. Y RICARDO GONZÁLEZ T. (autores)
Número 11, Septiembre de 2015

Comunidades locales y proyectos de inversión: Hacia la construcción de consensos
ANDRÉS HERNANDO, SLAVEN RAZMILIC (autores)
Número 10 julio 2015

La prohibición a los fines de lucro y propuestas de gobierno para las universidades chilenas
IGNACIO VALENZUELA NIETO
Número 9 junio 2015

Fortalecimiento de la carrera docente
SYLVIA EYZAGUIRRE Y FERNANDO OCHOA
Número 8 abril 2015

Fortalecimiento de la función fiscalizadora del Servel
ISABEL ANINAT S. Y RICARDO GONZÁLEZ T.
Número 7 abril 2015

Subsidio al arriendo: primeros resultados y pasos a seguir
SLAVEN RAZMILIC
Número 6 marzo 2015

El sector energético en Chile y la Agenda de Energía 2014: Algunos elementos para la discusión
ANDRÉS HERNANDO
Número 5 diciembre 2014

Impuesto territorial y financiamiento municipal
SLAVEN RAZMILIC
Número 4 noviembre 2014

Desafíos y algunos lineamientos para el sistema de seguros de salud en Chile
CAROLINA VELASCO O.
Número 3 octubre 2014

Financiamiento permanente no electoral de los partidos políticos
ISABEL ANINAT S. Y RICARDO GONZÁLEZ T.
Número 2 septiembre 2014

Un sistema electoral mixto para el presidencialismo chileno
LUCAS SIERRA I. Y RICARDO GONZÁLEZ T.
Número 1 agosto 2014

CENTRO DE ESTUDIOS PÚBLICOS

www.cepchile.cl