
ANÁLISIS DE GRANDES INCENDIOS FORESTALES EN LA VEGETACIÓN NATIVA DE CHILE

MIGUEL CASTILLO S., ROBERTO GARFIAS S.,
GUILLERMO JULIO A. y LUIS GONZÁLEZ R.

RESUMEN

La Zona Central de Chile ha sido permanentemente afectada por incendios forestales en vegetación nativa, cuyos daños y efectos no han sido suficientemente estudiados a escala regional, no obstante la alta gravedad que tiene este problema en el país. Por esta razón, se analizó 35 años de incendios (1976-2010) con el objetivo de disponer de datos útiles para ejecutar futuros proyectos de recuperación ambiental en áreas degradadas por el fuego. El análisis consideró incendios superiores a 2000ha, localizados entre 32 y 38°S, y cuyos principales daños se concentran en 1984 y 1999, atribuibles principalmente a las condiciones ambientales que favorecieron la propagación del fuego en esos años. No obstante, estos resultados no necesariamente corresponden a patrones de recurrencia, principalmente

por la ausencia de datos confiables con anterioridad a 1976. Respecto al análisis de campo, los indicadores de abundancia-dominancia de Braun-Blanquet y Westhoff-Maarel, y métricas de paisaje, muestran que la estructura y composición de la vegetación no ha cambiado radicalmente en este período, existiendo las mismas especies pero en mayor estado de degradación que en los bosques existentes a comienzos del siglo pasado. Los análisis de simulación mostraron elevados niveles de liberación calórica en el comportamiento del fuego, presumiblemente por la alta disponibilidad de material vegetal combustible en las áreas analizadas y por las condiciones topográficas y ambientales que favorecieron su rápida propagación.

La existencia ancestral de extensas superficies de bosques en áreas del centro, sur y austral de Chile, y los posteriores procesos de colonización, ocasionaron un rápido retroceso de estas áreas naturales. Al respecto, Julio (2007) estimó que entre los años 1850 y 1950 alrededor de la mitad de la superficie de bosques nativos (~20×10⁶ha) fue prácticamente arrasada como consecuencia del uso indiscriminado del fuego. Como consecuencia de ello se verifica la aparición y proliferación de especies invasoras post incendios (Castillo, 2006). El crecimiento de áreas pobladas y la actividad agrícola e industrial, genera-

ron un aumento sostenido de incendios y en los niveles de gravedad de los mismos (Castillo *et al.*, 2003). En particular, este estudio centra su análisis en la zona central de Chile, concretamente entre las regiones de Valparaíso (Quinta Región), Metropolitana, Libertador General Bernardo O'Higgins (Sexta Región) y del Maule (Séptima Región), en donde las condiciones de sequía y estacionalidad han originado eventos de fuego que han ocasionado cuantiosas pérdidas ambientales y en bienes y servicios por los efectos en cercanía a sectores poblados (Álvarez, 2008; Tapia, 2008), y por la existencia de grandes masas forestales de vegetación natural. En

este ámbito, Castillo (2006) efectuó un estudio multitemporal del efecto del fuego sobre el paisaje vegetal nativo en la zona mediterránea costera de la Región de Valparaíso, en el período 1986-2004. En su estudio determinó que no se experimentaron cambios significativos, no obstante la alta frecuencia de incendios forestales registrados. Con ello comprobó antecedentes reportados por Quintanilla (2000), en el sentido que la alteración en la estructura de la vegetación se manifiesta evidentemente en una escala muchísimo mayor de tiempo, presumiblemente con bastante antelación a la ocupación del área para uso agrícola y urbano, y más recientemente

PALABRAS CLAVE / Chile / Comportamiento del Fuego / Impactos de Incendios / Incendios Forestales / Vegetación Nativa /

Recibido: 15/02/2012. Modificado: 04/09/2012. Aceptado: 10/10/2012.

Miguel Castillo S. M.Sc. en Geografía, Universidad de Chile (UCHile). Doctor Ingeniero de Montes, Universidad de Córdoba (UCórdoba), España. Académico e Investigador, UChile. Dirección: Casilla 9206, Santiago, Chile. e-mail: migcasti@uchile.cl.

Roberto Garfias S. M.Sc. en Agroforestería, Universidad de Chapingo, México. Doctor Ingeniero de Montes, UCórdoba, España. Académico e Investigador, UChile.

Guillermo Julio A. Doctor Ingeniero de Montes, UCórdoba, España. Académico e Investigador, UChile.

Luis González R. Doctor Ingeniero de Montes, UCórdoba, España. Académico e Investigador, UChile.

por la introducción de plantaciones forestales con fines productivos.

En el presente trabajo se plantea, como objetivo central, estimar los daños y efectos provocados por la acción del fuego en la vegetación nativa de Chile Central en los últimos 35 años, considerando aspectos de número y localización de incendios, el estudio detallado de las condiciones del combustible vegetal antes del inicio del fuego y sus efectos posteriores en la propagación, y un análisis integrado del paisaje afectado. Constituye el primer estudio formal realizado en el país, dado que permite calificar en forma más precisa aquellas áreas naturales que han sido permanentemente afectadas por el fuego, junto con apoyar al conocimiento ya existente en este tema. El método utilizado y sus resultados son aplicables y comparables a otras regiones de clima mediterráneo, tales como España, Francia o Portugal. Como limitaciones, cabe destacar que para obtener mejores estimaciones acerca de daños al paisaje vegetal, es necesario disponer de mayores antecedentes de campo y registros históricos de mayor data, siendo que en Chile sólo es posible de obtener información a partir de 1976.

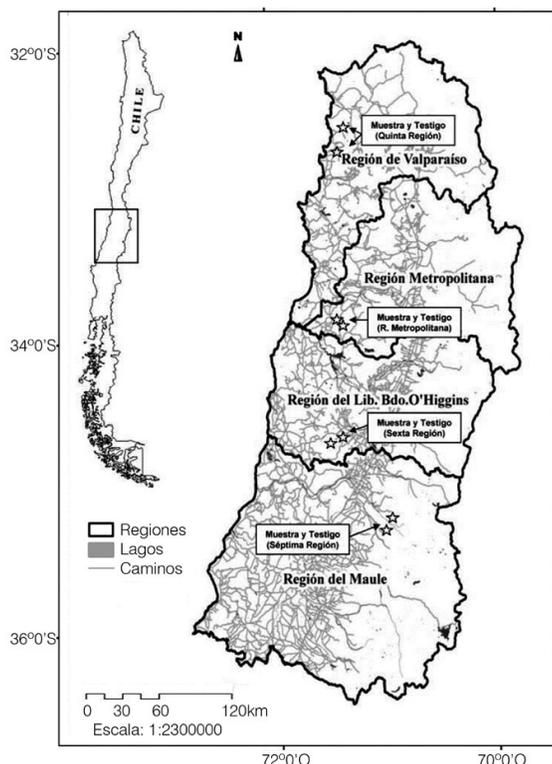


Figura 1. Área de estudio. En cada Región, se consideran incendios en vegetación nativa con tamaños superiores a las 2000ha. La descripción de cada uno se presenta en las tablas I y V.

Material y Métodos

Área de estudio

El estudio abarcó las regiones de Valparaíso, Metropolitana, Libertador General Bernardo O'Higgins y del Maule (Figura 1), con una superficie total de 7.836.288ha. En todas ellas se han presentado incendios forestales expresados en impactos sociales, ambientales y económicos en las cuencas hidrográficas que los contienen. Las regiones señaladas, en conjunto representan ~10% de la superficie continental de Chile. Sin embargo, según los antecedentes elaborados por Julio (2007), y posteriormente actualizados con los registros del Sistema Nacional Estadístico de Manejo del Fuego (CONAF, 2011), la ocurrencia de incendios forestales y las superficies afectadas por el fuego alcanzaron el 34,7 y 51,4% del total nacional, respectivamente.

Análisis histórico de incendios en el área de estudio

Se recopilaron antecedentes disponibles en actas de incendios forestales proporcionados anualmente por la Corporación Nacional Forestal (CONAF) en Chile, de manera de poder filtrar y seleccionar aquellos registros que corresponden a grandes incendios en vegetación nativa. Para ello se consideraron las cifras disponibles desde 1976 hasta 2010, para las cuatro regiones consideradas. Los datos fueron separados por tipo de vegetación, filtrando aquellos eventos que afectaron a bosque y matorral nativo. Inicialmente se consideró una selección de incendios con tamaños >300ha. No obstante de esta nueva selección, se optó por considerar aquellos que superaron las 2000ha, por concentrarse en ellos los mayores daños. Estos antecedentes permitieron definir con mayor claridad aquellas áreas consideradas para la fase de campo, y con ello el establecimiento de áreas muestra y testigo.

Áreas muestra y testigo, y análisis del comportamiento del fuego

Para cada región, se eligieron y visitaron áreas afectadas por incendios en vegetación nativa y también áreas testigo que correspondieron a combustibles de áreas vecinas que no fueron afectadas

TABLA I
LOCALIZACIÓN DE PUNTOS DE MUESTREO, CLASIFICADOS EN SECTORES DE MUESTRA - TESTIGO, Y POR REGIÓN DE CHILE CENTRAL

Zona 1: Región de Valparaíso (Quinta Región)									
ID_PTO	Fecha toma datos	Fecha incendio	Tipo	X	Y	Z	Pend (°)	Expos.	Sector
1	09/09/2010	18/12/2007	Muestra	256969	6307125	139	20,0	S	San Gerónimo
2	08/09/2010	---	Testigo	257706	6306224	108	35,0	N	San Gerónimo
3	14/09/2010	02/03/2008	Muestra	253172	6325880	430	22,0	W	Fundo San Juan
4	14/09/2010	---	Testigo	252844	6326539	464	5,7	Plano	Fundo San Juan
Zona 2: Región Metropolitana									
1	21/12/2010	07/02/2009	Muestra	296900	6231759	135	2	SE	Fundo El Chilque
2	21/12/2010	---	Testigo	295946	6234743	177	7	S	Fundo El Chilque
3	21/12/2010	07/02/2009	Muestra	296074	6235063	193	6	SE	Fundo El Chilque
4	21/12/2010	---	Testigo	295923	6234713	174	2	S	Fundo El Chilque
5	21/12/2010	07/02/2009	Muestra	296079	6235098	188	5	SE	Fundo El Chilque
6	21/12/2010	---	Testigo	295896	6234798	179	3	S	Fundo El Chilque
Zona 3: Región del Lib. Gral. Bernardo O'Higgins (Sexta Región)									
1	22/12/2010	15/01/2008	Muestra	299061	6167277	272	3	E	Fundo Santa Elena
2	22/12/2010	---	Testigo	299564	6167699	267	5	SE	Fundo Santa Elena
3	22/12/2010	15/01/2008	Muestra	299013	6167252	280	5	E	Fundo Santa Elena
4	22/12/2010	---	Testigo	299426	6167675	272	7	SE	Fundo Santa Elena
5	23/12/2010	15/01/2008	Muestra	299042	6167257	270	35	N	Fundo Santa Elena
6	23/12/2010	---	Testigo	299646	6167713	275	8	E	Fundo Santa Elena
Zona 4: Región del Maule (Séptima Región)									
1	31/01/2011	22/09/2007	Muestra	304941	6029494	790	47	N	Peñasco de Ancoa
2	02/02/2011	22/09/2007	Muestra	305098	6029547	801	44	N	Peñasco de Ancoa
3	03/02/2011	---	Testigo	306172	6029616	787	52	N	Peñasco de Ancoa

(*) Datos del mismo incendio, tomado desde distintos puntos.

por las llamas. En cada caso se efectuó un inventario de vegetación quemada y no quemada, en parcelas de 100m². La distribución y localización se detalla en la Tabla I. Los sectores analizados quedan indicados en la Figura 1.

En estas áreas se estudió la vegetación usando la escala de Braun-Blanquet (1948), perfeccionada posteriormente por Braun-Blanquet y Bolós (1958), en la que se combina la abundancia-dominancia. Los índices '+', 'r', registran la abundancia, mientras que los restantes (1, 2, 3, 4, 5) tienen en cuenta la cobertura o dominancia (Tabla II). En la práctica ocurre que en la mayoría de los sectores en donde se establecen parcelas de muestreo, la clase asociada al índice '2' agrupa a una diversidad de situaciones, por lo que en muchos casos se opta por subdividir, de acuerdo a lo propuesto por Westhoff y Maarel (1978).

Este método es el apropiado para ser aplicado en parcelas regulares con tamaños máximos de 200m² en el caso de bosques, bosques abiertos y matorrales altos, pudiendo llegar hasta un umbral inferior de 50m² para el caso de parcelas en donde predominan las leñosas altas abiertas y matorrales de distinto tamaño. Para el caso de las mediciones efectuadas en terreno, las áreas consideradas (100m²) se ajustaron a estos criterios. En cada área de muestra y testigo, se determinó la 'fidelidad', que corresponde a un identificador de pertenencia de la especie respecto a su entorno geográfico. Dado que la estructura y composición de especies es extremadamente diversa entre un ecosistema y otro, se consideraron las referencias de Quintanilla (2000) y Castillo (2006), para interpretar y adaptar el criterio de diagnóstico propuesto por Turner *et al.* (2001). Este criterio puede utilizarse además como un complemento a la caracterización de las macro unidades florísticas que debieran ser típicas del ecosistema local (Tabla III).

La fidelidad de una especie puede ser territorial, si posee un área mucho mayor que el de la propia comunidad a la que pertenece, lo cual es frecuente. En tal caso su óptimo ecológico puede variar, particularmente cuando se aproxima a los límites de su área de distribución natural. Ejemplos bien conocidos y estudiados para los paisajes mediterráneos de Chile Central son las especies del matorral nativo denso, tales como el litre (*Lithrea caustica* (Molina) H. et A.), quillay (*Quillaja saponaria* (Molina)) y boldo (*Peumus boldus* (Molina)), que extienden su distribución a lo largo de más de 2000km; no así en el caso de otras especies como palma chilena (*Jubaea chilensis* (Molina) Baillon), confinada a áreas muy específicas.

La Tabla I indica además el análisis del comportamiento del fuego

TABLA II
ESCALA DE
ABUNDANCIA-DOMINANCIA
DE BRAUN-BLANQUET
Y BOLÓS (1958)

Índice	Significado
r	Un solo individuo, despreciable
+	Más individuos, cobertura muy baja
1	Cobertura <5%
2	Cobertura de 5-25%
2m	Cobertura ~5%
2a	Cobertura de 5-15%
2b	Cobertura de 15-25%
3	Cobertura de 25-50%
4	Cobertura de 50-75%
5	Cobertura ≥75%

mediante la instalación de parcelas de medición en cada una de las cuatro regiones estudiadas. En cada caso, una parcela correspondió a un sector afectado por el fuego, y la otra a un sector vecino no quemado. Se estableció como requisito que ambas parcelas tuviesen condiciones ambientales similares con anterioridad al incendio ocurrido en el lugar. Es decir, sin que se apreciaran diferencias en el tipo y condiciones del modelo de combustible (carga, continuidad y distribución) y en la topografía (pendiente y exposición), existentes en ambas.

Para iniciar el análisis, se definieron las variables y factores que inciden en el comportamiento del fuego. En primer lugar, las variables meteorológicas registradas en la fecha del incendio correspondieron a la humedad relativa del aire, la temperatura, la velocidad y dirección del viento. Respecto a los factores, se consideró la pen-

diente promedio al interior de cada parcela, la exposición y el tipo de modelo de combustible. Con estos datos de entrada, fue posible estimar las condiciones del combustible antes del inicio del fuego, y simular en forma retrospectiva el comportamiento del fuego por medio de las fórmulas y tablas provistas por el Sistema KITRAL® (Julio, 2007), mediante el empleo de sus fórmulas de propagación lineal del fuego. Sus ecuaciones internas son distintas a las empleadas por Rothermel (1972, 1983), pues se trata de un desarrollo implementado completamente por el Laboratorio de Incendios Forestales de la Universidad de Chile (Julio *et al.*, 1995) y validado estadísticamente por Castillo (1997). El Sistema KITRAL® contempla, entre sus diferentes módulos, a un software de simulación de incendios que permite calcular la velocidad de propagación lineal del fuego en metros por segundo, y con ello, otras salidas descritas en la Tabla V: superficie afectada (ha), intensidad calórica del fuego (kcal·m⁻¹·s⁻¹), longitud de llamas (m), combustible consumido y la severidad del incendio. Adicionalmente, fue posible estimar la posibilidad de regeneración post-fuego y sus efectos en el suelo (Tabla VIII).

La severidad se determinó con base en el efecto combinado de las salidas descritas en la Tabla VII, con énfasis en la intensidad calórica para cada parcela y los vestigios de material carbonizado encontrados en la vegetación leñosa (ramas del estrato superior, fuste y raíces) y perfiles de suelo. Estos últimos antecedentes fueron considerados basados en la fecha de inicio de cada incendio.

El análisis de los efectos del fuego en la parcela quemada permitió

TABLA III
GRADOS DE FIDELIDAD PARA LAS ESPECIES ENCONTRADAS
EN LA PARCELA

Valor	Carácter
5	Especie exclusiva (característica), confinada a una sola comunidad vegetal o grupo de comunidades.
4	Especie selectiva, con clara preferencia por una determinada comunidad vegetal.
3	Especie preferente, que aunque se presenta en varias comunidades, es más abundante o presenta mayor vitalidad en el que es objeto de estudio.
2	Especie compañera, indiferente, sin una preferencia marcada por ninguna comunidad vegetal.
1	Especie accidental, que tiene claramente su óptimo en otra comunidad.

Tomado de Turner *et al.* (2001).

TABLA IV
OCURRENCIA DE INCENDIOS FORESTALES Y SUPERFICIES AFECTADAS
EN CHILE (1976-2010)

Región	Nº de incendios	% del total nacional	Superficie (ha)	% del total nacional
de Valparaíso	23.306	16,59	222.779	16,84
Metropolitana	11.624	8,27	109.653	8,28
del Lib. Gral. Bdo. O'Higgins	6.231	4,44	161.640	12,22
del Maule	8.955	6,37	117.593	8,89
Total	50.116	35,67	611.665	46,23

validar los resultados de la simulación del comportamiento del fuego y, además, estimar en forma preliminar los impactos del incendio en el ambiente. Esta fase permitió, además, evaluar con precisión y profundidad los impactos del fuego en el paisaje, en la generación de vegetación post-fuego y en las propiedades físicas y químicas del suelo.

Paisaje

Como fase final del trabajo se efectuó un estudio local de paisaje mediante el uso de Fragstats[®] v.3.3, y la expresión de sus resultados en un sistema de información geográfica. Se aplicaron métricas de tamaño, forma, conectividad y relaciones geométricas de cada uno de los sectores afectados por el fuego, considerando el trabajo de campo. Como apoyo se utilizaron imágenes procedentes de Google Earth[™] v.5.0.11, las que fueron ajustadas a los parámetros geográficos (datum WGS84, Huso 19 Sur en coordenadas UTM), y mejoradas en su contraste visual para resaltar las áreas de mayor interés. El siguiente paso fue la construcción de una base de datos relacional tipo arco-nodo, considerando además las características topográficas de pendiente y altitud en cada sector, con el propósito de delimitar y calcular con precisión las áreas y perímetros de cada unidad homogénea, y facilitar de esta manera la conversión de datos a formato *raster* (GRID) para ser incorporado al cálculo de métricas de paisaje. Se realizaron correlaciones entre parámetros y análisis de componentes principales para caracterizar en forma conjunta los principales aspectos de paisaje, entre ellos el tamaño y forma de áreas quemadas.

Resultados

Estadísticas de incendios

De acuerdo a los datos disponibles para el período

TABLA V
RESULTADOS DE BRAUN-BLANQUET (BB) Y WESTHOFF Y MAAREL (WM) EN LAS REGIONES DE VALPARAÍSO Y METROPOLITANA

Región de Valparaíso							
Sector	Tipo	Pendiente	Exposición	Tipo	Índice BB	Índice WM	Carácter
1	T	35°	N	La	r	--	3-4
				Lb	3	--	3
				Hmt	3	--	3
2	M	20°	S	La	2	2b	3
				Lb	4	--	3-4
				Hmt	4	--	3
3	T	2,5°	Plano	La	3	--	3-4
				Lb	2	2a	3
				Hmt	5	--	3
4	M	3°	Plano	La	3	--	3-4
				Lb	+	--	3-4
				Hmt	4	--	3
5	T	5,7°	Plano	La	5	--	3-4
				Lb	2	2a	3
				Hmt	5	--	3-4
6	M	22°	W	La	+	--	3
				Lb	4	--	3-4
				Hmt	5	--	3
Región Metropolitana							
1	M	2°	SE	La	2	2b	3
				Lb	+	--	2
				Hmt	4	--	2
2	T	7°	S	La	5	--	3
				Lb	4	--	2
				Hmt	4	--	2
3	M	6°	SE	La	3	--	3
				Lb	4	--	2
				Hmt	5	--	1
4	T	2°	S	La	5	--	3
				Lb	2	2b	2
				Hmt	+	--	1
5	M	5°	SE	La	3	--	3
				Lb	3	--	2
				Hmt	+	--	2
6	T	3°	S	La	5	--	3
				Lb	4	--	2
				Hmt	+	--	2

La: leñosas altas (>2m); Lb: leñosas bajas (≤2m; ≥0,5m); Hmt: hierbas y matorral menor (<0,5m).

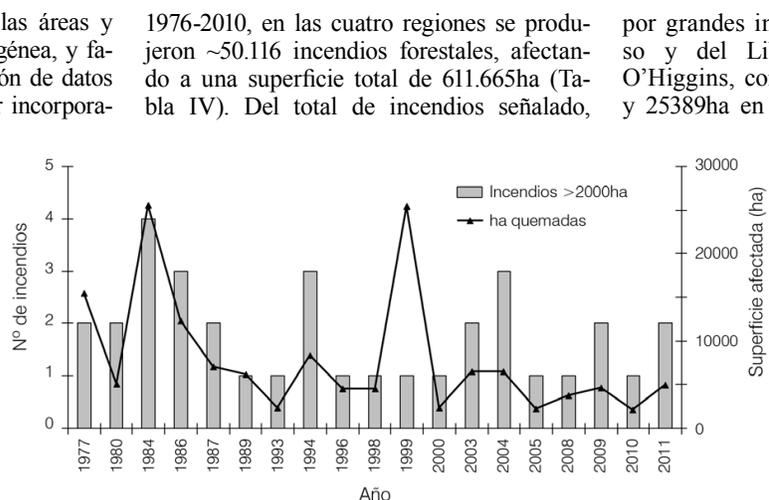


Figura 2. Número de grandes incendios y superficie afectada (vegetación nativa).

tan sólo un 3,8% de la ocurrencia concentró el 56% de los daños en superficie de vegetación nativa, con un comportamiento cíclico de ~10 años, de acuerdo a lo observado en la Figura 2. Esta asimetría en la concentración de los daños se explica por la existencia de incendios de gran magnitud, superiores a 2000ha, los cuales se han presentado, por ejemplo, en 1984, 1994 y 2004.

Las regiones con una mayor ocurrencia de incendios son las de Valparaíso y Metropolitana, las que no coinciden con las que tienen una mayor superficie afectada (del Libertador General Bernardo O'Higgins y del Maule). En relación a la recurrencia total de incendios forestales, debe señalarse que se presentan grandes diferencias entre las regiones y, también entre las comunas de ellas, derivadas de las condiciones de riesgo y peligro que las afectan. Esto se debe al significativo efecto de la población en la iniciación de los fuegos, principalmente en la periferia de áreas urbanas, a lo largo de carreteras y caminos, y también por la variabilidad de los factores ambientales que inciden en la iniciación de los incendios (clima, topografía y tipos de vegetación). Las regiones más afectadas

por grandes incendios son las de Valparaíso y del Libertador General Bernardo O'Higgins, con cifras de 25496ha en 1984 y 25389ha en 1999 (Figura 2). No existen patrones claros de recurrencia, principalmente a la falta de antecedentes de mayor data histórica. Los datos disponibles indican la sucesión de grandes eventos en un período de 35 años. Aún cuando en el análisis de 35 años se manifiesta una tendencia cíclica de grandes incendios cada 15 años (1984 y 2000), el comportamiento de la ocurrencia en rela-

ción a la magnitud de los incendios, debe ser estudiado a una escala mayor de tiempo, considerando que en Chile sólo existen registros fidedignos a partir del año 1976.

Fase de campo

La estructura de la vegetación se presenta en las Tablas V y VI. Los sectores analizados indican rastros de incendios de alta intensidad calórica (ver resultados de comportamiento del fuego), con una comunidad vegetal densa dominada por plantas nativas de rápida regeneración, pero de escasa cobertura respecto a las áreas testigo. Estos antecedentes coinciden con los reportados por Villaseñor (1977), para el estudio de comunidades vegetales afectadas por incendios en esta región. Los resultados de perfiles horizontales y verticales en cada parcela (Figuras 3-6), señalan estructuras dominadas por leñosas medias y bajas, entremezcladas con matorral nativo con alto grado de regeneración, cuyo estado general ha persistido en los últimos 35 años, no evidenciándose cambios sustantivos para los años venideros, de acuerdo a la dinámica actual de incendios y sus efectos en el paisaje vegetal nativo.

Análisis del comportamiento del fuego

De acuerdo a los datos recopilados en campo, se exponen los resultados de cinco grandes incendios en vegetación nativa (Tabla VII) para las áreas contempladas en el estudio, en lo respecta a las magnitudes de los parámetros del comportamiento del fuego, y una reseña sobre los efectos post-incendio. Adicionalmente, se exponen los resultados de la calificación visual para los efectos de la re-

TABLA VI
RESULTADOS DE BRAUN-BLANQUET (BB) Y WESTHOFF Y MAAREL (WM) EN LAS REGIONES LIBERTADOR GENERAL BERNARDO O'HIGGINS Y DEL MAULE

Región del Libertador General Bernardo O'Higgins							
Sector	Tipo	Pendiente	Exposición	Tipo	Índice BB	Índice WM	Carácter
1	M	3°	E	La	3	--	3
				Lb	3	--	2
				Hmt	4	--	2
2	T	5°	SE	La	3	--	3
				Lb	2	2a	2
				Hmt	5	--	2
3	M	5°	E	La	4	--	3
				Lb	2	2b	4
				Hmt	5	--	2
4	T	7°	SE	La	5	--	3
				Lb	3	--	3
				Hmt	2	2b	2
5	M	35°	N	La	4	--	3
				Lb	2	2a	2
				Hmt	2	2b	2
6	T	8°	E	La	5	--	3
				Lb	4	--	4
				Hmt	2	2b	2
Región del Maule							
1	M	47°	N	La	5	--	5
				Lb	2	2b	3-2
				Hmt	4	--	2
2	M	44°	N	La	5	--	5
				Lb	4	--	3-2
				Hmt	4	--	2
3	M	52°	N	La	5	--	5
				Lb	3	--	3-2
				Hmt	4	--	2

La: leñosas altas (>2m); Lb: leñosas bajas (≤2m; ≥0,5m); Hmt: hierbas y matorral menor (<0,5m).

generación y el suelo afectado por las llamas (Tabla VIII).

Se aprecia, de manera preliminar, una correlación media a alta entre la severidad de los incendios y los efectos del fuego en la vegetación y el suelo. Las grandes diferencias existentes en la velocidad de propagación simulada mediante KITRAL[®] se deben principalmente a las

más elevados que en vegetación con menores factores de disturbio. Más al sur la dispersión de datos es mayor, por lo que el grado de asociación de estas dos variables tiende a ser menor.

En el caso del análisis estadístico de residuos, no se observa una clara relación entre tipos de vegetación y patrones espaciales de fragmentación, mientras que

sí la hay respecto a las diferencias en latitud y a la severidad del fuego encontrada en las parcelas de campo. En general, los niveles de intensidad asociados a la propagación en extensas superficies dió como resultado una fragmentación más elevada en aquellas áreas con mayor ocurrencia de incendios (Regiones de Valparaíso y del Lib. Gral. Bernardo

TABLA VII
COMPARACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DEL FUEGO. VEGETACIÓN NATIVA QUEMADA.

Incendio N°:	1 ^a	2 ^a	3 ^b	4 ^c	5 ^d
Parámetros:					
Fecha del incendio	18/12/07	02/03/08	07/02/09	15/01/08	22/09/07
Superficie afectada (ha)	3.000	3.765	2.832	3.600	225
Combustible disponible (ton ha ⁻¹)	37,4	39,3	26,2	30,8	49,5
Velocidad propagación (m h ⁻¹)	372	356	4.416	1.163	28
Intensidad calórica (kcal m ⁻¹ s ⁻¹)	712	734	5.004	2.172	103
Longitud de llamas (m)	3,03	3,07	7,43	5,06	1,24
Severidad del incendio	Media	Media	Extrema	Alta	Baja
Consumo de combustibles	Medio	Alto	Muy Alto	Muy Alto	Bajo
Regeneración post-incendio	Muy Alta	Muy Alta	Baja	Media	Baja
Efecto en el suelo (visual)	Bajo	Bajo/Medio	Medio/Alto	Medio	Medio

^aRegión de Valparaíso, ^bRegión Metropolitana, ^cRegión del Libertador Gral. Bernardo O'Higgins, ^dRegión del Maule.

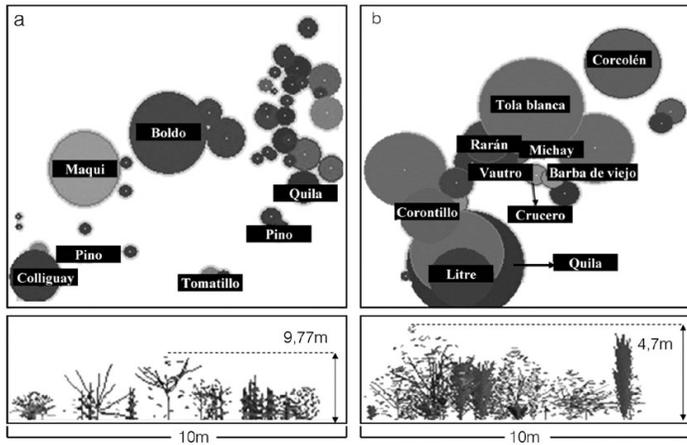


Figura 3. Región de Valparaíso. Perfiles horizontales y verticales de parcelas muestra y testigo, para la caracterización de la vegetación afectada por el fuego. a: Parcela muestra. Especies presentes: colliguay (*Colliguaja odorifera* (Molina)), palo colorado (*Pouteria splendens* (A. DC.) O.K.), boldo (*Peumus boldus* (Molina)), michay (*Berberis chilensis* (Gill.) ex. Hook), corontillo (*Escallonia revoluta* (Ruiz et Pav.) Pers.), quila (*Chusquea cumingii* Nees.) y tomatillo (*Solanum ligustrinum* Lodd.), pino (*Pinus radiata* (D. Don)). b: Parcela testigo. Especies presentes: vautro (*Baccharis concava* (Ruiz et Pav.) Pers.), quila (*Chusquea cumingii* Nees.), litre (*Lithrea caustica* (Molina) H. et A.), tola blanca (*Proustia pyrifolia* DC.), crucero (*Colletia spinosa* Gmel.), michay (*Berberis chilensis* (Gill.) ex. Hook.), rarán (*Myrceugenia obtusa* (D.C.) Berg.), barba de viejo (*Ageratina glechonophylla* (Less.) R.M.King et H.Rob.), corontillo (*Escallonia pulverulenta* (Ruiz & Pav.) Pers.), y corcolén (*Azara integrifolia* Ruiz et Pav.).

O'Higgins), que en áreas donde la continuidad vegetal en el paisaje es mayor, pero con una menor ocurrencia de incendios.

Las correlaciones más altas se concentran en aquellos parámetros que hacen referencia a largo y número de parches (Tabla IX), mientras que los pará-

metros más relevantes en la expresión de paisajes afectados por el fuego, para las áreas estudiadas, son los asociados a la forma de sus fragmentos, con un 60,37% de varianza explicada para el primer factor (Tabla X) y la expresión de tamaño de los mismos, con 28,53% para el segundo factor.

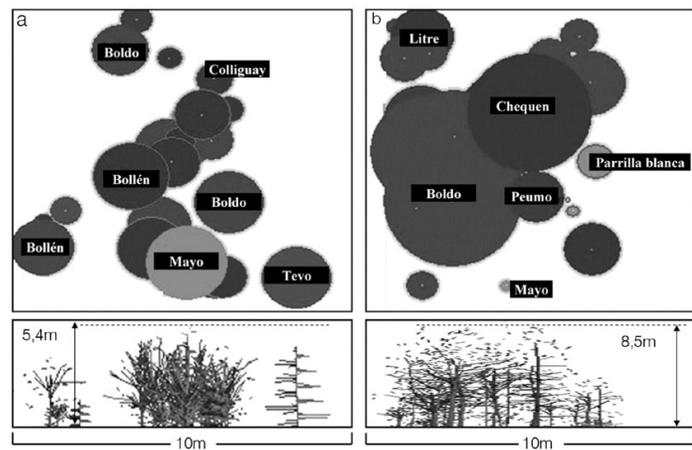


Figura 5. Región del Libertador General Bernardo O'Higgins. Perfiles horizontales y verticales de parcelas muestra y testigo, para la caracterización de la vegetación afectada por el fuego. a: parcela muestra. Especies presentes: boldo (*Peumus boldus* (Molina)), tevo (*Trevoa trinervis* Miers.), colliguay (*Colliguaja odorifera* (Molina)), bollén (*Kageneckia oblonga* Ruiz et Pav.), litre (*Lithrea caustica* (Molina) H. et A.), y mayo (*Sophora macrocarpa* J.E. Sm.). b) parcela testigo. Especies presentes: boldo (*Peumus boldus* (Molina)), peumo (*Cryptocarya alba* (Molina) Looser), litre (*Lithrea caustica* (Molina) H. et A.), mayo (*Sophora macrocarpa* J.E. Sm.), chequén (*Luma chequen* (Molina) A. Gray) y parrilla blanca (*Proustia pyrifolia* DC.).

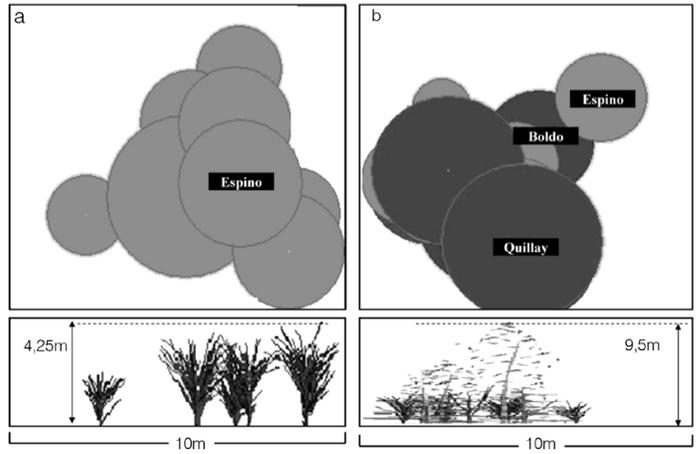


Figura 4. Región Metropolitana. Perfiles horizontales y verticales de parcelas muestra y testigo, para la caracterización de la vegetación afectada por el fuego. a: Parcela muestra. Especies presentes: espino (*Acacia caven* (Molina) Molina). b: Parcela testigo. Especies presentes: espino (*Acacia caven* (Molina) Molina), quillay (*Quillaja saponaria* (Molina)), boldo (*Peumus boldus* (Molina)) y tevo (*Trevoa trinervis* Miers.).

Producto de estos resultados, el análisis de componentes principales arroja valores propios de 4,22 para el primer componente, asociado a formas de paisaje en comunidades vegetales y de 1,99 para el concepto de forma, expresado en áreas quemadas y recuperadas por la regeneración, con un 88,91% de carga factorial para el análisis total de componentes principales (Figura 8). El mayor efecto de estas cifras es atribuible a sectores de permanente ocurrencia, tales como los reportados en las parcelas de las regiones Quinta y Sexta.

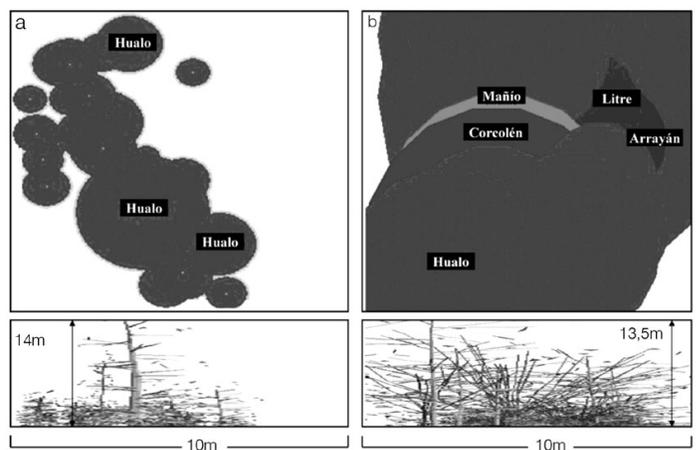


Figura 6. Región del Maule. Perfiles horizontales y verticales de parcelas muestra y testigo, para la caracterización de la vegetación afectada por el fuego. a: parcela muestra. Especies presentes: hualo (*Nothofagus glauca* (Phil.) Krasser). b: parcela testigo. Especies presentes: hualo (*Nothofagus glauca* (Phil.) Krasser), arrayán (*Luma apiculata* (DC.) Burret), corcolén (*Azara petiolaris* (D. Don.) Johnston.), litre (*Lithrea caustica* (Molina) H. et A.), mañío (*Podocarpus salignus* D. Don.) y chaura (*Gaultheria phillyreifolia* (Pers.) Sleumer).

TABLA VIII
EFECTOS EN LA REGENERACIÓN Y SUELO AFECTADO. VEGETACIÓN NATIVA QUEMADA

Incendio N°	1 ^a	2 ^a	3 ^b	4 ^c	5 ^d
Regeneración post-incendio	Muy alta	Muy alta	Baja	Media	Baja
Efecto en el suelo (visual)	Bajo	Bajo/Medio	Medio/Alto	Medio	Medio

TABLA IX
MATRIZ DE CORRELACIÓN (PEARSON)

Variables	Área (CA)	N° parches (NP)	Densidad (PD)	Parche más largo (LPI)	Bordes totales (TE)	Densidad de bordes (ED)	Forma de paisaje (LSI)
Área (CA)	1	0,074	0,078	0,939	0,507	0,511	0,261
N° de parches (NP)	0,074	1	0,999	-0,020	0,516	0,514	0,772
Densidad (PD)	0,078	0,999	1	-0,014	0,519	0,517	0,774
Parche más largo (LPI)	0,939	-0,020	-0,014	1	0,461	0,466	0,204
Bordes totales (TE)	0,507	0,516	0,519	0,461	1	1,000	0,841
Densidad de bordes (ED)	0,511	0,514	0,517	0,466	1,000	1	0,840
Forma de paisaje (LSI)	0,261	0,772	0,774	0,204	0,841	0,840	1

TABLA X
CONTRIBUCIÓN DE LAS VARIABLES PARA CADA FACTOR (%)

	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	Total
Área (CA)	6,87	30,04	13,11	0,90	49,05	0,07	0,01	100,00
N° de parches (NP)	13,71	15,39	17,56	2,97	0,39	49,95	0,02	100,00
Densidad (PD)	13,81	15,16	17,61	2,71	0,67	50,01	0,01	100,00
Parche más largo (LPI)	5,27	34,35	9,80	4,73	45,82	0,01	0,00	100,00
Bordes totales (TE)	20,14	0,96	19,24	9,43	0,39	0,01	49,81	100,00
Densidad de bordes (ED)	20,15	1,03	19,02	9,24	0,36	0,01	50,18	100,00
Forma de paisaje (LSI)	20,01	3,04	3,64	70,00	3,29	0,00	0,00	100,00

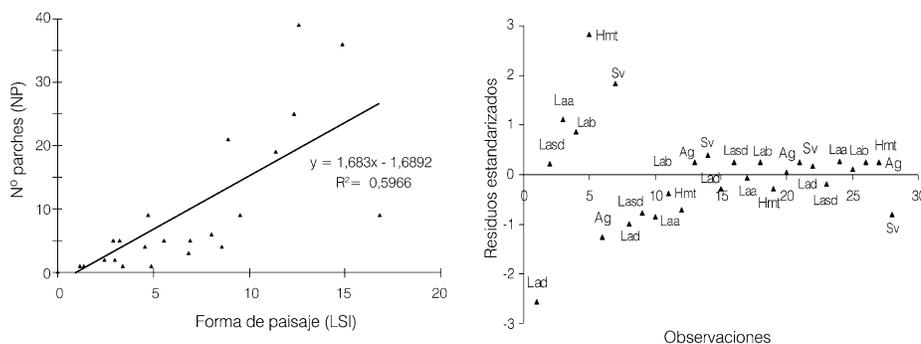


Figura 7. Izquierda: correlación entre el número de parches (NP) y la forma de paisaje (LSI) ($P < 0,05$). Derecha: análisis de residuos entre estos dos factores ($P < 0,05$).

Discusión

La metodología aquí aplicada para el estudio de la vegetación nativa afectada por incendios presenta similitudes a otros estudios de similares características. Por ejemplo, Mouillot *et al.* (2003) estudiaron el comportamiento de la vegetación en ecosistemas mediterráneos de Francia afectados intensamente por el fuego en los últimos 20 años. En sus resultados, demuestran las alteraciones graduales de los ecosistemas vege-

tales al realizar una descripción histórica de la vegetación original y sus cambios a través del tiempo por la acción del fuego. Para ello los autores se apoyan en la medición *in situ* de la estructura de la vegetación con y sin disturbio (muestra-testigo). También determinan que la alta frecuencia de pequeños incendios produce un efecto sinérgico en la estructura de la vegetación mediante un aumento de los parches quemados e incremento del efecto borde

entre áreas quemadas y no quemadas, aspectos muy similares a los aquí reportados. Los resultados derivados del muestreo en campo en las cuatro regiones de Chile Central y para todos los sectores analizados, otorgan testimonios sobre la existencia de patrones espaciales de recurrencia de fuegos, aún cuando, como lo corrobora Castillo (2006), la comprobación de este tipo de fenómeno debe ser validada en estudios de mayor data histórica, desde decenas a cientos de años. Respecto a la capacidad de retoño de especies y la estructura vegetal post-fuego, los resultados confirman los estudios realizados por Altieri y Rodríguez (1974) y Avila *et al.* (1983), en el sentido que las especies de bosque mediterráneo, mayoritariamente compuesto por leñosas altas y matorral esclerófilo de Chile Central, responden en forma similar respecto a otros ambientes mediterráneos en donde la presencia del fuego es derivada principalmente por la actividad humana. Por el contrario, es posible evidenciar temporadas de fuegos donde la ocurrencia y daños son estadísticamente más bajas respecto a otros años. Estas variaciones son producto de una diversidad de factores, no necesariamente atribuibles a factores climáticos. Altieri y Rodríguez (1974), han demostrado que, mientras prevalecen condiciones de altas temperaturas, baja humedad relativa del aire y de los combustibles vegetales, en muchos casos incluso la iniciación de fuegos es más baja respecto a otros años con menor sequía. Independiente de lo anterior, la sucesión de fuegos sobre este paisaje vegetal ha propiciado el desencadenamiento de un proceso regresivo en la comunidad de especies originales, favoreciendo la entrada de plantas adaptadas al cubrimiento de suelos quemados mediante la propagación por semillas y propágulos.

Desde el punto de vista de paisaje, los resultados obtenidos son una respuesta a los procesos de disturbios previamente definidos y caracterizados por Turner *et al.* (2003) como eventos re-

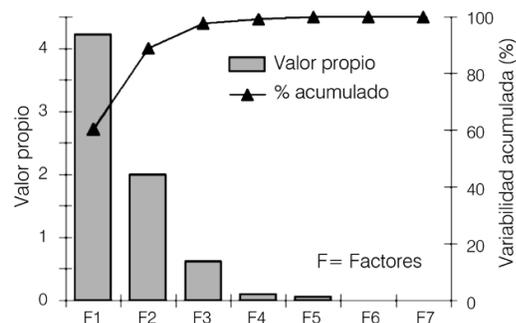


Figura 8. Carga factorial para el total de varianza explicada.

lativamente discretos que irrumpen en la estructura de un ecosistema y que se organizan espacialmente en una relación mosaico-paisaje (Daigle, 1996; Parminter, 1996).

Los resultados del comportamiento del fuego y la severidad del mismo en las áreas analizadas en campo muestran estrecha relación con la topografía y, en consecuencia, con la modificación espacial y temporal de la estructura de la vegetación, tal como lo reportan Gergel y Turner (2002) y Turner *et al.* (2001, 2003) en el estudio de paisajes de similares características. Incluso en muchos casos es posible determinar patrones de magnitudes de incendios relacionados a tipos de paisaje (Cardille *et al.*, 2001; Rollins *et al.*, 2002). En este contexto, el triángulo del fuego se expresó plenamente dada las condiciones meteorológicas favorables para la propagación, en conjunto con el abastecimiento de oxígeno suficiente para el avance de las llamas y la disponibilidad de una alta carga de combustible vegetal potencialmente inflamable. La interacción de estos tres componentes del triángulo ocasionaron condiciones ideales para el desencadenamiento de los enormes incendios forestales estudiados.

Respecto a los efectos directos de los incendios en el repoblamiento, claramente existe una fuerte actividad regenerativa dominada por especies del matorral nativo adaptadas a la alta recurrencia de fuegos. En este sentido, Fulé *et al.* (2003) estudiaron la dinámica del fuego en bosques de pino (*Pinus ponderosa* P. et C. Lawson), tomando un período de ~300 años, mediante técnicas dendrocronológicas. Los episodios de fuego vienen precedidos de cambios importantes en la estructura y cobertura de estos bosques en la relación microclima-suelo. Mediante el uso de esta técnica se demuestra que la magnitud de las cicatrices de fuego inciden directamente en los procesos de repoblamiento y en la permanencia de parches con lenta recuperación de vegetación original, dando paso a parches con estructura y composición de especies vegetales diferentes. Otro aspecto relacionado con el efecto del fuego en el paisaje es la influencia de áreas urbanas. Este factor es de alta trascendencia al momento de evaluar el estado de conservación de paisajes vegetales cercanos a estas áreas. El mismo autor, tomando un período de 10 años en un hábitat donde predomina pino ponderosa, detecta que desde el aumento en la tasa de urbanización, la cercanía de actividades de recreación ha ocasionado que en un lapso de ~7 años (1995-2001), la frecuencia de incendios y gravedad de éstos ocasionó alteraciones en el paisaje, traducidas en cam-

bios en la composición de especies, disminución de materia orgánica, y el paso de un estado de mosaicos diversos a un gran parche homogéneo.

Los resultados del comportamiento del fuego derivados de las campañas de campo ponen de manifiesto que la topografía, por ejemplo, influye directamente en la velocidad de avance del fuego, pues a mayor pendiente se obtiene una mayor inclinación de las llamas y una mayor intensidad calórica a nivel del suelo. Adicionalmente, la acumulación de material vegetal seco altamente combustible, especialmente en quebradas y zonas de altas pendientes, hace que el fuego presente comportamientos extremos (Mouillot *et al.*, 2003; Rodríguez y Silva *et al.*, 2010) con intensidades calóricas que pueden superar fácilmente 2000kcal·m⁻¹·s⁻¹, producto de la alta carga de combustibles y su alta inflamabilidad, como lo reportado en los incendios de las regiones Metropolitana y del Maule, descritos en la Tabla VII. Las áreas afectadas por propagación continua tienden a formar parches homogéneos de recuperación vegetal post fuego, a diferencia de aquellos sectores en donde se ha producido saltos de fuego. No se evidencian grandes diferencias en los niveles de recuperación en el estrato aéreo, considerando los niveles de intensidad. Sin embargo, sí se aprecian mayores daños en el suelo, donde es posible ver pérdidas totales de estratos orgánicos y rápidos procesos de erosión en laderas y partes bajas, donde desembocan cursos de agua.

El factor humano incide directamente en la recurrencia, y por lo tanto en el peligro y daño potencial que puede alcanzar el fuego. En este sentido, aún cuando se verificaron extensas áreas quemadas en zonas alejadas, el nivel de intervención puede condicionar claramente la relación de tamaño, forma y cohesión de las unidades de paisaje vegetal.

Conclusiones

El paisaje vegetal nativo de Chile Central claramente ha experimentado cambios regresivos en cuanto a su extensión, forma y riqueza. Es un proceso creciente, que en parte se explica por la alta presión antrópica derivada de la expansión de territorios y la marcada estacionalidad del fenómeno de los incendios forestales, tal como ocurre en otros ecosistemas mediterráneos de Europa.

Finalmente, los resultados obtenidos en las cuatro regiones analizadas son válidos como aporte al estado actual de investigación científica sobre el tema, al no existir en Chile antecedentes previos que integren todos los componen-

tes aquí explicados. No obstante lo anterior, resulta necesario complementar estos resultados con estudios futuros que consideren otras áreas muestra afectadas por incendios en vegetación nativa, de manera de poder aportar mayores antecedentes conducentes a proponer estrategias de recuperación de paisajes quemados y los mecanismos para la protección del los mismos. Para ello, se cuenta con una primera plataforma geográfica de datos, generada por el presente estudio.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Proyecto Fondecyt 1095048, financiado por la Comisión Nacional de Ciencia y Tecnología (CONICYT), y a la Unidad de Manejo del Fuego de la Corporación Nacional Forestal (CONAF), región de Valparaíso, Chile.

REFERENCIAS

- Altieri M, Rodríguez J (1974) *Acción Ecológica del Fuego en el Matorral Natural Mediterráneo de Chile, en Rinconada de Maipú*. Tesis. Universidad de Chile. Santiago, Chile. 144 pp.
- Álvarez G (2008) *Diseño de un sistema de patrullaje terrestre para el control de incendios forestales en un sector de la precordillera de la Región Metropolitana*. Tesis. Universidad de Chile. Santiago, Chile. 83 pp.
- Ávila G, Araya S, Cisterna R, Haltenhoff H (1983) *Efectos del Fuego sobre la Vegetación Herbácea y Arbustiva de Chile Central. Actas III Seminario sobre Manejo del Fuego*. Universidad Austral/CONAF. Arauco, Chile. p. 25.
- Braun-Blanquet J (1948) *Übersicht der Pflanzengesellschaften Ratiens*. *Plant Ecol.* 1: 29-41.
- Braun-Blanquet, Bolós J (1958) *Les groupements végétaux du bassin moyen de l'Ebre et leur dynamisme*. Zaragoza, España. *Anal. Est. Exp. Aula Dei* 5: 1-4.
- Cardille J, Ventura S, Turner M (2001) *Environmental and social factors influencing wildfires in the Upper Midwest, USA*. *Ecol. Applic.* 11: 111-127.
- Castillo M (1997) *Método de Validación para el Simulador de Expansión de Incendios Forestales del Sistema KITRAL*. Tesis. Universidad de Chile. Santiago, Chile. 123 pp.
- Castillo M (2006) *El Cambio del Paisaje Vegetal Afectado por Incendios en la Zona Mediterránea Costera de la Quinta Región de Chile*. Tesis. Universidad de Chile. Santiago, Chile. 143 pp.
- Castillo M, Pedernera P, Peña E (2003) *Incendios forestales y medio ambiente. Una síntesis global*. *Amb. Des.* 19: 88-99.
- CONAF (2011) *Sistema Estadístico Nacional de Manejo del Fuego. Fichas de Incendios Forestales de las Regiones V, VI, VII y Metropolitana*. Corporación Nacional Forestal. Santiago de Chile.
- Daigle P (1996) *Fire in the Dry Interior Forests of British Columbia*. Extension Notes N° 8.

- Ministry of Forests Research Program. Viuctoria, Canadá. 5 pp.
- Fulé P, Crouse J, Heinlein T, Moore M, Covington W, Verkamp G (2003) Mixed-severity fire regime in a high-elevation forest of Grand Canyon, Arizona, USA. *Landscape Ecol.* 18: 465-486.
- Gergel S, Turner M. 2002. Learning Landscape Ecology: A practical Guide to Concepts and Techniques. Book Reviews. *Landscape Ecology* (17) 91-93.
- Julio G (1990) Diseño de índices de riesgo de incendios forestales para Chile. *Bosque 11*: 59-72.
- Julio G (2007) *Formulación de Lineamientos Políticos y Estratégicos para la Protección contra Incendios Forestales en Chile*. Tesis. Universidad de Córdoba. España. 341 pp.
- Julio G (2009) *Fundamentos del Manejo del Fuego*. 6ª ed. Universidad de Chile. Santiago, Chile. 326 pp.
- Julio G, Castillo E, Pedernera P (1995) Modelación de combustible. *Actas de Taller Internacional sobre Prognosis y Gestión en Control de Incendios Forestales*. Santiago, Chile. pp. 111-127.
- Mouillot F, Ratte JP, Joffre R, Moreno J, Rambla S (2003) Some determinants of the spatio-temporal fire cycle in a mediterranean landscape (Corsica, France). *Landscape Ecol.* 18: 665-674.
- Parminter J, Daigle P (1997) *Landscape Ecology and Natural Disturbances: Relationships to Biodiversity*. Extension Notes N° 10. Ministry of Forests Research Program. Viuctoria, Canadá. 5pp.
- Quintanilla V (2000) Influencia del fuego en el desequilibrio ecológico de la vegetación en la zona mediterránea de Chile: casos de estudio. *Inv. Geogr.* 34: 3-14.
- Rodríguez y Silva F, Julio G, Castillo M, Molina JR, Herrera MA, Toral M, Cerda C, González L (2010) *Aplicación y Adaptación del Modelo SEVEIF para la Evaluación Socioeconómica del Impacto de Incendios Forestales en la Provincia de Valparaíso, Chile*. AECID. Córdoba, España. 52 pp.
- Rollins M, Morgan P, Swetnam T (2002) Landscape-scale controls over 20th century fire occurrence in two large Rocky Mountain (USA) wilderness areas. *Landscape Ecol.* 17: 539-557.
- Rothermel RC (1972) *A Mathematical Model for Predicting Fire Spread in Wildland Fuels*. Research Paper INT-115. USDA Forest Service. Ogden, UT, EEUU. 48 pp.
- Rothermel RC (1983) *How to Predict the Spread and the Intensity of Forest and Range Fires*. Technical Report INT-143. USDA Forest Service. Ogden, UT, EEUU. 161 pp.
- Tapia G (2008) *Diseño de un Sistema de Torres de Detección de Incendios Forestales para la Región Metropolitana*. Tesis. Universidad de Chile. Santiago, Chile. 38 pp.
- Turner M, Gardner R, O'Neill R (2001) *Landscape Ecology in Theory and Practice. Pattern and Process*. Springer. Nueva York, EEUU. 402 pp.
- Turner M, Romme W, Reed R, Tuskan G (2003) Post-fire aspen seedling recruitment across the Yellowstone (USA) Landscape. *Landscape Ecol.* 18:127-140.
- Villaseñor R (1977) Unidades de vegetación de los cerros de la provincia de Valparaíso, Chile. Inédito. 6 pp.
- Westhoff V, Van der Maarel E (1978) The Braun-Blanquet approach. En Whittaker RH (Ed.) *Classification of Plant Communities*. Dr. Junk. La Haya, Holanda. pp. 287-399.

ANALYSIS OF LARGE FOREST FIRES ON NATIVE CHILEAN VEGETATION

Miguel Castillo S., Roberto Garfias S., Guillermo Julio A. and Luis González R.

SUMMARY

Chile's Central Zone has been permanently affected by forest fires on the native vegetation, whose damage and effects have not been sufficiently studied at the regional scale, despite the very serious consequences of this problem for the country. Fires during 35 years (1976-2010) were analyzed with the aim of obtaining useful data for future projects of environmental recovery in areas that have been affected by fire. The analysis included fires on more than 2000ha, localized between 32 and 38°S, and where the biggest damage was concentrated in 1984 and 1999, mainly attributable to the environmental conditions that favored the spread of fires in those years. However, these results do not correspond necessarily to recurrence patterns,

mainly due to the absence of trustful data prior to 1976. With respect to field analysis, the abundance-dominance indicators of Braun-Blanquet and Westhoff-Maarel, and landscape measures, show that the structure and composition of the vegetation has not changed radically in the period of study, the same species being present but with a higher state of degradation than those of forests at the beginning of last century. Simulation analysis showed high levels of caloric liberation in the fire behavior, presumably due to the high availability of vegetal material in the analyzed areas and to the environmental and topographic conditions, which favor its rapid propagation.

ANÁLISES DE GRANDES INCÊNDIOS FLORESTAIS NA VEGETAÇÃO NATIVA DO CHILE

Miguel Castillo S., Roberto Garfias S., Guillermo Julio A. e Luis González R.

RESUMO

A Zona Central do Chile tem sido permanentemente afetada por incêndios florestais em vegetação nativa, cujos danos e efeitos não tem sido suficientemente estudados em escala regional, no entanto a alta gravidade que tem este problema no país. Por esta razão, se analisou 35 anos de incêndios (1976-2010) com o objetivo de dispor de dados úteis para executar futuros projetos de recuperação ambiental em áreas degradadas pelo fogo. A análise considerou incêndios superiores a 2000ha, localizados entre 32 e 38°S, e cujos principais danos se concentram em 1984 e 1999, atribuíveis principalmente às condições ambientais que favoreceram a propagação do fogo nesses anos. No entanto, estes resultados não necessariamente correspondem a padrões de

recorrência, principalmente pela ausência de dados confiáveis com anterioridade a 1976. Relativo à análise de campo, os indicadores de abundância-dominância de Braun-Blanquet e Westhoff-Maarel, e métricas de paisagem, mostram que a estrutura e composição da vegetação não têm mudado radicalmente neste período, existindo as mesmas espécies, mas em maior estado de degradação que nos bosques existentes no começo do século passado. As análises de simulação mostraram elevados níveis de liberação calórica no comportamento do fogo, presumivelmente pela alta disponibilidade de material vegetal combustível nas áreas analisadas e pelas condições topográficas e ambientais que favoreceram sua rápida propagação.