

Respuesta temprana de la regeneración de plantas leñosas después del incendio forestal denominado “Las Máquinas” en la Región del Maule, Chile

Early response of woody species regeneration after “Las Máquinas” anthropogenic fire in the Maule Region, Chile

Alvaro Promis^{1*}, Sofía Olivares^{1,2}, Sofía Acuña¹ & Gustavo Cruz¹

¹Departamento de Silvicultura y Conservación de la Naturaleza, Facultad de Ciencias Forestales y de la Conservación de la Naturaleza, Universidad de Chile, Santa Rosa 11315, La Pintana, Santiago, Chile

²Fundación Reforestemos, Del Inca 4622, Las Condes, Chile

*Email: alvaro.promis@gmail.com

The post-fire woody plant species regeneration was assessed in a *Nothofagus glauca* dominated forest and a clearcutting of *Pinus radiata*. Native species showed a high vegetative regeneration capacity after wildfire. However, an invasion of seedlings of *Pinus radiata* is occurring, especially in the *N. glauca* forest.

Los incendios forestales son un fenómeno mundial, que influyen sobre la composición y estructura de bosques naturales y plantaciones forestales (Castillo *et al.* 2012, Keeley 2012, Úbeda & Sarricolea 2016, Thom & Seidl 2016). En las últimas décadas se ha documentado un incremento en la ocurrencia y severidad de los incendios forestales a escala global (Seidl *et al.* 2017) y nacional (Úbeda & Sarricolea 2016), proyectándose un aumento sostenido en el tiempo a causa del cambio climático (González *et al.* 2011, Seidl *et al.* 2017).

Por una parte, muchas de las plantas leñosas nativas presentes en los ecosistemas de clima mediterráneo de Chile poseen la capacidad de regenerar vegetativamente (Montenegro *et al.* 2004) y de tener baja capacidad de regenerar a través de semillas después de un incendio (Gómez-González *et al.* 2017). Por otra parte, se ha documentado que los incendios favorecen la regeneración de *Pinus radiata* D. Don en poblaciones naturales (McDonald & Laacke 1990), llegando a mostrar un comportamiento invasor en Sudáfrica (Richardson & Brown 1986) y en Australia post incendio (Williams 2007).

Debido al uso antrópico histórico (quema bosques para uso agrícola, ganadería y sustitución para plantaciones especialmente de *P. radiata*), el bosque natural de la Cordillera de la Costa en la Región del Maule (San Martín & Donoso 1995) se encuentra fuertemente fragmentado y rodeado

por plantaciones forestales (Echeverría *et al.* 2006), lo que ha favorecido la invasión de *P. radiata* (Bustamante *et al.* 2003, Gómez *et al.* 2011). Durante el verano 2016/17, este bosque fue afectado por incendios de gran magnitud, siendo el incendio denominado “Las Máquinas” uno de los de mayor impacto, afectando una superficie de 183.946 ha (CONAF 2017, Valencia *et al.* 2018). El incendio de Las Máquinas afectó especialmente plantaciones forestales, praderas y matorrales, y bosques naturales de los tipos forestales esclerófilo y caducifolio de *Nothofagus obliqua* (Mirb.) Oerst. y *Nothofagus glauca* (Phil.) Krasser (CONAF 2017).

Luego del abandono agrícola ocurrido hacia mediados y fines del siglo pasado, superficies que antiguamente podrían haber recuperado bosques de *N. glauca* fueron ocupadas por formaciones de matorral y bosque, ambos dominados por especies esclerófilas (San Martín & Donoso 1995, Amigo *et al.* 2000). En plantaciones de *P. radiata*, después de incendios forestales, la regeneración ocurre principalmente a través de reproducción vegetativa (rebrotos), dando lugar a un matorral compuesto por especies leñosas nativas propias del área (Gómez & Hahn 2017). La ocurrencia de incendios también favorece la invasión de *P. radiata* al interior de fragmentos de bosques de *N. glauca* (Litton & Santelices 2002). Mientras que otros estudios en la Región del Maule han mostrado escasa regeneración de *P. radiata* después de incendios en

plantaciones de la misma especie y en bosque caducifolio de *Nothofagus alessandrii* Espinosa (Gómez & Hahn 2017, Valencia *et al.* 2018).

El objetivo principal de este trabajo fue evaluar la regeneración de plantas leñosas después de un año de la ocurrencia del incendio “Las Máquinas” en dos situaciones: un bosque dominado por la presencia de *N. glauca* y en un área con tala rasa de *P. radiata* previa al incendio. Se determinó además los mecanismos de regeneración (vegetativa o sexual) y la estructura de tamaños por especie. Ambas situaciones se encuentran localizadas en la Estación Experimental “Dr. Justo Pastor León”, de la Universidad de Chile (35° 43' S; 72° 29' O), ubicado a unos dos km al oeste del poblado de Santa Olga (Fig. 1). En este sector se presenta un clima templado cálido supratermal con régimen de humedad subhúmedo seco. La temperatura media anual del aire es de 13,3 °C, con máxima media de 18,9 °C y mínima media de 8,9 °C. La precipitación media es de 920 mm/año (AGRIMED 2017). El bosque de *N. glauca* (BN-Ng; 74,4 ha) presentaba antes del incendio una densidad de 1.627 árb/ha, un área basal de 21,9 m²/ha (15,0% de la densidad y 18,5% del área basal correspondían a

P. radiata). En el sector de tala rasa (TR-Pr; 22,4 ha) todos los individuos de *P. radiata* fueron cortados y cosechados el año 2013. Posteriormente en TR-Pr no se volvió a plantar, para que la vegetación se recuperara naturalmente. La severidad del daño causado por el incendio fue clasificada como extrema en BN-Ng y alta en TR-Pr (Castillo *et al.* 2017). La severidad de daño alta causada en TR-Pr se debió a la reducción de biomasa producida por el incendio sobre la vegetación que se había establecido después de la tala rasa. Ambas superficies seleccionadas se encuentran contiguas. Desde un punto de vista de relieves, las superficies de muestreo presentan pendientes muy suaves a suaves (menos a 30% de pendiente). Las exposiciones más frecuentes van de este-sureste en BN-Ng y sur-suroeste en TR-Pr.

Para evaluar la regeneración, durante el mes de marzo del año 2018 se estableció una red de parcelas cuadradas de 100 m² (10 x 10 m), aleatoriamente distribuidas. Las parcelas se instalaron con sus lados orientados en dirección a los puntos cardinales. En BN-Ng se establecieron 21 parcelas en una superficie de 5 ha y en TR-Pr se instalaron

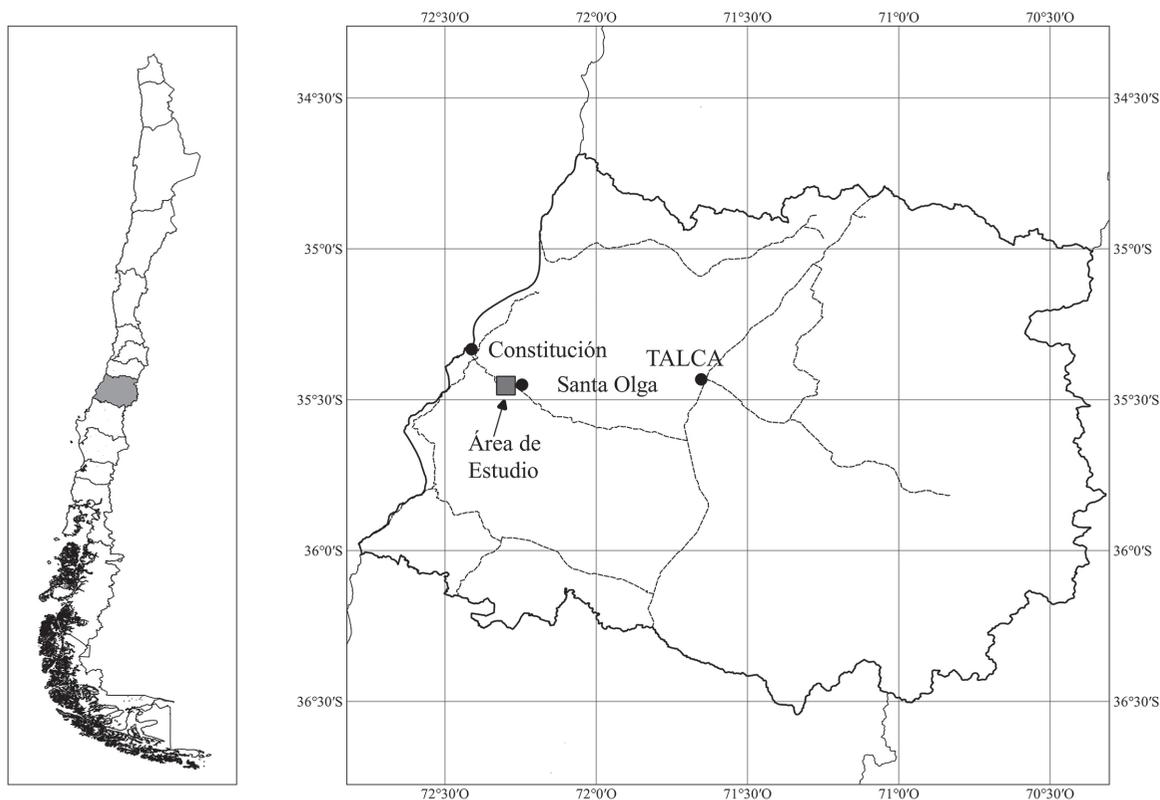


FIGURA 1. Mapa de Chile y de la Región del Maule mostrando la ubicación del área de estudio en la Estación Experimental Dr. Justo Pastor León, Universidad de Chile (rectángulo gris). / Map of Chile and Maule Region showing the study area in the Experimental Station Dr. Justo Pastor León, Universidad de Chile (grey rectangle).

42 parcelas en una superficie de 10 ha (esfuerzo de muestreo de 4,2 parcelas por hectárea en ambos casos). Estas parcelas sirvieron para desarrollar un monitoreo de manera permanente. Se determinó la especie, abundancia y la altura de toda la regeneración proveniente de semillas, en cinco subparcelas de 1 m² en el interior de la parcela. El tamaño de las subparcelas se seleccionó por la alta densidad de plantas de regeneración provenientes de semillas de *P. radiata*. Las subparcelas se ubicaron en los cuatro vértices y una al medio de la parcela. Los resultados se expresaron a través del valor promedio de la especie por parcela. El registro de las plantas que se encontraban regenerando vegetativamente (rebrote) se realizó en una subparcela de 50 m² (5 x 10 m), ubicada hacia la mitad norte de la parcela. Se determinó la especie de todas las plantas leñosas que estaban regenerando vegetativamente, se contó el número de rebrotes por planta y se midió la longitud del más largo en la cepa.

En BN-Ng se encontraron 21 especies (distribuidas en 15 familias y 19 géneros) de plantas leñosas regenerando después de un año de ocurrido el incendio, mientras que en TR-Pr se registraron 18 especies (13 familias y 17 géneros), con 15 especies en común (Tabla 1). En ambas situaciones la mayoría de las especies fueron nativas y endémicas, con la presencia de solo dos especies introducidas (Tabla 1). La riqueza de especies en BN-Ng (6,6 especies por parcela) fue estadísticamente más alta que la registrada en TR-Pr (4,1 especies por parcela) (prueba U de Mann-Whitney; U = -2,124; p < 0,001). Del total de especies registradas, 12 especies estaban regenerando exclusivamente por estrategia vegetativa, una especie exclusivamente a través de semilla y 11 especies mostraron ambas estrategias (Tabla 1).

En promedio se establecieron 66.190 plantas de regeneración de semilla por hectárea en BN-Ng (rango entre 2.000 y 242.000 plantas/ha). En TR-Pr se establecieron mucho menos, con un promedio de 5.333 plantas de semilla por hectárea (rango desde 0 hasta 32.000 plantas/ha). En ambos ambientes, *P. radiata* es la especie que presenta significativamente mayor cantidad de regeneración por semilla, con un promedio de 64.571 plantas/ha (rango entre 2.000 y 242.000 plantas/ha) en BN-Ng y de 2.143 plantas/ha (rango entre 0 y 10.000 plantas/ha) en TR-Pr (Tabla 1). La mayoría de las plántulas regenerando por semilla tenían menos de 20 cm de altura (68,8% de las plantas en BN-Ng y 75,8% en TR-Pr) (Tabla 1).

En BN-Ng hay una densidad de 10.610 plantas/ha y en TR-Pr hay 3.664 plantas/ha regenerando vegetativamente. En ambos ambientes, *Ugni molinae* Turcz. es la especie que muestra mayor cantidad de plantas regenerando vegetativamente (63,6% de las plantas en BN-Ng y 37,6% en TR-Pr) (Tabla 1). *P. radiata* no se encontró regenerando vegetativamente. En BN-Ng las plantas tienen en promedio

10 rebrotes, siendo *Cryptocarya alba* (Molina) Looser y *Quillaja saponaria* Molina las especies que se presentan con mayor cantidad de rebrotes (Tabla 1). En TR-Pr las plantas tienen en promedio 8 rebrotes, con el mayor número registrándose en *Luma apiculata* (DC.) Burret y *Teucrium bicolor* Sm. (Tabla 1). La longitud promedio (\pm error estándar) del rebrote más largo por planta después del primer período estival postincendio fue de 72 (\pm 13) y 93 (\pm 20) cm en BN-Ng y Tr-Pr, respectivamente. En BN-Ng y TR-Pr el 77 y 75% de las especies presentó rebrotes menores a 100 cm en longitud, respectivamente. En BS-Ng los rebrotes más largos se presentaron en las especies *C. alba* y *N. glauca* y en TR-Pr *Eucalyptus globulus* Labill. y *N. glauca* (Tabla 1).

Después del incendio la capacidad regenerativa de las especies leñosas fue alta en ambos ambientes, especialmente los arbustos (Montenegro *et al.* 2004). El matorral arbustivo ha sido señalado por otros autores como una comunidad vegetal que sustituye el bosque costero maulino de *N. glauca*, por elementos de flora esclerófila (Amigo *et al.* 2000, Gómez *et al.* 2009). Sin embargo, la alta presencia de rebrotes de especies de ambientes mesófilos, como *U. molinae*, *N. glauca* y *Gaultheria insana* (Molina) D.J. Middleton, podría llegar a proyectar una mantención del bosque de *N. glauca*, pero sólo si la regeneración de *P. radiata* no excluye en etapas posteriores a las especies nativas. En TR-Pr la densidad de plantas de regeneración de *P. radiata* fue menor que la de especies nativas, seguramente debido a la inexistencia de árboles en edad reproductiva antes del incendio. La altura de la regeneración vegetativa pudiera prevenir el efecto competitivo de *P. radiata*, pero se pone en duda que el cierre de copas por el rebrote de *N. glauca* pueda afectar negativamente la supervivencia de *P. radiata*, por su capacidad de sobrevivir en el sotobosque en competencia por luz (Litton & Santelices 2002) y por la alta tasa de crecimiento en altura de la especie, con más de 50 cm/año en ambientes similares (Rubilar *et al.* 2008).

Tal como ya ha sido señalado por Litton & Santelices (2002), la vegetación en bosques de *N. glauca* ha mostrado una buena capacidad de responder después de la ocurrencia del incendio. Sin embargo, la invasión de *P. radiata* llegará a dominar y transformar estos bosques en la Cordillera de la Costa (Litton & Santelices 2002, Bustamante *et al.* 2003). Por lo tanto, en algunos lugares solo medidas de manejo tempranas prevendrán la posible invasión de estos ambientes altamente fragmentados y afectados por los incendios. Un monitoreo permanente sobre estas parcelas permitirá realizar futuros análisis sobre el comportamiento de la vegetación en estos ambientes afectados por incendios, como son el bosque de *N. glauca* y sectores en los que se promueve la recuperación natural del bosque después de la corta de *P. radiata* a tala rasa.

TABLA 1. Catálogo de la flora vascular leñosa que se encuentra regenerando después de la ocurrencia de incendio “Las Máquinas” y el número de plantas promedio por hectárea según estrategia de regeneración (semilla o vegetativa), en un bosque dominado por *Nothofagus glauca* (BN-Ng) y una tala rasa de *Pinus radiata* (TR-Pr). Entre paréntesis se presenta el número de rebrotes promedio por planta y la longitud promedio (cm). Letras distintas muestran diferencias significativas (prueba H de Kruskal-Wallis y prueba U de Mann-Whitney *a posteriori*, $p > 0,05$). La nomenclatura científica de las especies sigue a Rodríguez *et al.* (2018). / List of the woody vascular plant species of the study area and the mean of the number of individuals per hectare by regeneration strategy (i.e. seeds or vegetative), in a *Nothofagus glauca* dominated forest (BN-Ng) and a clearcutting of *Pinus radiata* plantation (TR-Pr) after one year of the occurrence of the “Las Máquinas” wildfire. Numbers in brackets are the average number of resproutings by plant and the average length (cm). Identical letters indicate no significant difference between species for the specific forest and regeneration strategy (Kruskal-Wallis H-test and a post-hoc Mann-Whitney U- test, $p > 0.05$). Nomenclature follows to Rodríguez *et al.* (2018).

Clase / Nombre Científico	Familia	Ha	Of	Semilla (n° plantas/ha)		Vegetativa (n° plantas/ha)	
				BN-Ng	TR-Pr	BN-Ng	TR-Pr
PINOPSIDA							
<i>Pinus radiata</i> D. Don	Pinaceae	A	I	64.571 a	2.143 a		
MAGNOLIOPSIDA							
<i>Aristotelia chilensis</i> (Molina) Stuntz	Elaeocarpaceae	A	N	381 b		29 (2; 61) b	
<i>Azara integrifolia</i> Ruiz & Pav.	Salicaceae	Ar	E		95 c	495 (14; 94) b	1.090 (12; 89) ab
<i>Azara lanceolata</i> Hook.f.	Salicaceae	Ar	N			10 (7; 15) b	
<i>Baccharis macraei</i> Hook. & Arn.	Asteraceae	Ar	E	381 b	95 c		5 (1; 30) c
<i>Cryptocarya alba</i> (Molina) Looser	Lauraceae	A	E			10 (38; 207) b	
<i>Escallonia leucantha</i> J. Remy	Escalloniaceae	Ar	N			10 (4; 50) b	5 (7; 120) c
<i>Escallonia pulverulenta</i> (Ruiz & Pav.) Pers.	Escalloniaceae	Ar	E		190 bc	238 (9; 82) b	214 (9; 87) c
<i>Eucalyptus globulus</i> Labill.	Myrtaceae	A	I	*			5 (11; 365) c
<i>Gaultheria insana</i> (Molina) D.J. Middleton	Ericaceae	Ar	N		190 bc	1.286 (3; 23) b	95 (5; 25) c
<i>Gevuina avellana</i> Molina	Proteaceae	A	N				10 (7; 112) c
<i>Gochnatia foliosa</i> (D. Don) D. Don ex Hook. & Arn.	Asteraceae	Ar	E				29 (12; 80) c
<i>Lithrea caustica</i> (Molina) Hook. & Arn.	Anacardiaceae	A	E				14 (5; 69) c
<i>Lomatia hirsuta</i> (Lam.) Diels	Proteaceae	A	E			114 (6; 69) b	19 (5; 55) c
<i>Luma apiculata</i> (DC.) Burret	Myrtaceae	A	N			48 (21; 33) b	48 (16; 71) c
<i>Nothofagus glauca</i> (Phil.) Krasser	Nothofagaceae	A	E	286 b		971 (6; 159) b	650 (7; 157) bc
<i>Persea lingue</i> (Ruiz & Pav.) Nees	Lauraceae	A	N			19 (16; 79) b	38 (9; 95) c
<i>Podanthus mitiqui</i> Lindl.	Asteraceae	Ar	E	95 b	143 c	171 (5; 56) b	
<i>Quillaja saponaria</i> Molina	Quillajaceae	A	N			29 (22; 119) b	
<i>Ribes trilobum</i> Meyen	Grossulariaceae	Ar	E	381 b	1.143 b	57 (2; 27) b	19 (5; 68) c
<i>Schinus polygamus</i> (Cav.) Cabrera	Anacardiaceae	Ar	N			19 (7; 150) b	
<i>Teucrium bicolor</i> Sm.	Lamiaceae	Ar	E	95 b	1.000 b	124 (6; 25) b	48 (15; 34) c
<i>Ugni molinae</i> Turcz.	Myrtaceae	Ar	N		333 bc	6.752 (6; 23) a	1.376 (6; 25) a
<i>Viola portalesia</i> Gay	Violaceae	Sa	E			229 (4; 14) b	

Ha = Hábito (A = Árbol; Ar = Arbusto; Sa = Subarbusto); Of = Origen fitogeográfico (N = Nativa; E = Endémica de Chile; I = Introducida);
 * Especie encontrada fuera de muestreo.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece al proyecto FPA 7-RE-004-2018 "Reforestación Nativa y Desarrollo Forestal Sustentable" y al apoyo de Suzanne Wylie y Cristóbal Rebolledo de Fundación Reforestemos. A la ayuda de Nicolás García en la determinación de algunas especies y de Alejandro Carrasco y Álvaro González por la colaboración en terreno.

REFERENCIAS

- AGRIMED. 2017. Atlas agroclimático de Chile. Estado actual y tendencias del clima. Tomo III: regiones de Valparaíso, Metropolitana, O'Higgins y del Maule. FIA y Universidad de Chile, Santiago. 208 pp.
- Amigo, J., San Martín, J., García Quintanilla, L. 2000. Estudio fitosociológico de los bosques de *Nothofagus glauca* (Phil.) Krasser del Centro-Sur de Chile. *Phytocoenologia* 30(2): 193-221.
- Bustamante, R.O., Serey, I., Pickett, S.T.A. 2003. Forest fragmentation, plant regeneration and invasion processes in Central Chile. In: Bradshaw, G., Marquet, P., Mooney, M. (eds.), *How landscapes change: Human disturbance and ecosystem fragmentation in the Americas*, pp. 145-160, Springer-Verlag, New York, USA.
- Castillo, M., Garfías, R., Julio, G., González, L. 2012. Análisis de grandes incendios forestales en la vegetación nativa de Chile. *Interciencia* 37(11): 796-804.
- Castillo, M., Garfías, R., Bown, H., Ruiz, F., Mahias, E., Hernández, C. 2017. Informe técnico. Análisis de las afectaciones post-fuego en el Predio Pantanillos de la Universidad de Chile y recomendaciones de restauración. Informe Técnico. Facultad de Ciencias Forestales y de la Conservación de la Naturaleza, Universidad de Chile, Santiago. 4 pp.
- CONAF. 2017. Análisis del impacto de los incendios forestales ocurridos en enero y febrero de 2017 sobre los ecosistemas naturales presentes entre las regiones de Coquimbo y Los Ríos de Chile. Informe Técnico. Ed. Santiago. 51 pp.
- Echeverría, C., Coomes, D., Salas, J., Reyes-Benayas, J.M., Lara, A., Newton, A. 2006. Rapid deforestation and fragmentation of Chilean Temperate forests. *Biological Conservation* 130: 481-494.
- Gómez, P., Hahn, S. 2017. Regeneración posincendio de plantas leñosas en plantaciones de *Pinus radiata* D. Don, zona costera, Región del Maule, Chile central. *Gayana Botánica* 74(2): 302-306.
- Gómez, P., Hahn, S., San Martín, J. 2009. Estructura y composición florística de un matorral bajo plantaciones de *Pinus radiata* D. Don en Chile central. *Gayana Botánica* 66(2): 256-268.
- Gómez, P., Bustamante, R., San Martín, J., Hahn, S. 2011. Estructura poblacional de *Pinus radiata* D. Don en fragmentos de Bosque Maulino en Chile central. *Gayana Botánica* 68(1): 97-101.
- Gómez-González, S., Paula, S., Cavieres, L.A., Pausas, J.G. 2017. Postfire responses of the woody flora of Central Chile: Insights from a germination experiment. *PLoS ONE* 12(7): e0180661.
- González, M.E., Lara, A., Urrutia, R., Bosnich, J. 2011. Cambio climático y su impacto potencial en la ocurrencia de incendios forestales en la zona centro-sur de Chile (33° - 42° S). *Bosque* 32(3): 215-219.
- Keeley, J.E. 2012. Fire in mediterranean climate ecosystems - A comparative overview. *Israel Journal of Ecology & Evolution* 58: 123-135.
- Litton, C.M., Santelices, R. 2002. Early post-fire succession in a *Nothofagus glauca* forest in the Coastal Cordillera of south-central Chile. *International Journal of Wildland Fire* 11: 115-125.
- McDonald, P.M., Laacke, R.J. 1990. *Pinus radiata* D. Don. In: Burns, R.M., Honkala, B.H. (eds.), *Silvics of North America: 1. Conifers*, pp. 433-441, Forest Service, United States Department of Agriculture, Washington DC, USA.
- Montenegro, G., Ginocchio, R., Segura, A., Keely, J.E., Gómez, M. 2004. Fire regimes and vegetation responses in two Mediterranean-climate regions. *Revista Chilena de Historia Natural* 77: 455-464.
- Richardson, D.M., Brown, P.J. 1986. Invasion of mesic mountain fynbos by *Pinus radiata*. *South African Journal of Botany* 52(6): 529-536.
- Rodríguez, R., Marticorena, C., Alarcón, D., Baeza, C., Cavieres, L., Finot, V.L., Fuentes, N., Kiessling, A., Mihoc, M., Pauchard, A., Ruiz, E., Sánchez, P., Marticorena, A. 2018. Catálogo de las plantas vasculares de Chile. *Gayana Botánica* 75(1): 1-430.
- Rubilar, R., Blevins, L., Toro, J., Vita, A., Muñoz, F. 2008. Early performance of *Pinus radiata* plantations to weed control and fertilization on metamorphic soils of the Coastal Range, Maule Region, Chile. *Bosque* 29(1): 74-84.
- San Martín, J., Donoso, C. 1995. Estructura florística e impacto antrópico en el bosque maulino de Chile. En: Armesto, J.J., Villagrán, C., Arroyo, M.K. (eds.), *Ecología de los bosques nativos de Chile*, pp. 153-168, Editorial Universitaria, Santiago, Chile.
- Seidl, R., Thom, D., Kautz, M., Martin-Benito, D., Peltoniemi, M., Vacchiano, G., Wild, J., Ascoli, D., Petr, M., Honkaniemi, J., Lexer, M.J., Trotsiuk, V., Mairota, P., Svoboda, M., Fabrika,

- M., Nagel, T.A., Reyer, C.P.O. 2017. Forest disturbances under climate change. *Nature Climate Change* 7: 395-402.
- Thom, D., Seidl, R. 2016. Natural disturbance impacts on ecosystem services and biodiversity in temperate and boreal forests. *Biological Reviews* 91: 760-781.
- Úbeda, X., Sarricolea, P. 2016. Wildfires in Chile: A review. *Global and Planetary Change* 146: 152-161.
- Valencia, D., Saavedra, J., Brull, J., Santelices, R. 2018. Severidad del daño causado por los incendios forestales en los bosques remanentes de *Nothofagus alessandrii* Espinosa en la Región del Maule de Chile. *Gayana Botánica* 75(1): 531-534.
- Williams, M.C. 2007. The ecological impacts of invasive *Pinus radiata* in eucalypt vegetation: pattern and process. Thesis Doctor of Philosophy. School of Biological Sciences, University of Sidney. Sydney, Australia. 226 pp.

Received: 13.08.2018

Accepted: 09.05.2019