
REMANENTES DEL BOSQUE ESCLERÓFILO EN LA ZONA MEDITERRÁNEA DE CHILE CENTRAL: CARACTERIZACIÓN Y DISTRIBUCIÓN DE FRAGMENTOS

Roberto Garfías Salinas, Miguel Castillo Soto, Francisca Ruiz Gozalvo, Antonio Vita Alonso, Horacio Bown Intveen y Rafael Navarro Cerrillo

RESUMEN

El presente estudio se realizó en las regiones Libertador Bernardo O'Higgins y del Maule, Chile central, con el propósito de ubicar y caracterizar los remanentes de bosque esclerófilo. Este ecosistema ha sido sometido a una intensa y prolongada presión antrópica resultando en su notable reducción y fragmentación. El bosque esclerófilo está subrepresentado en el sistema de protección ambiental chileno, a pesar de su importante biodiversidad y endemismo. Las áreas con remanentes de bosque fueron ubicadas usando imágenes satelitales mediante un sistema de información geográfica multicriterio y posteriormente verificadas mediante control de terreno. Luego se caracterizaron en base a su fisonomía y estructura en tres tipos de situaciones: bosque abierto, semidenso y denso, para cada una de las comunas de las dos regiones. Las comunas se

jerarquizaron en base a la cobertura de bosque y en las primeras 14 comunas se hizo un análisis de fragmentación utilizando índices de paisaje. Los resultados muestran un bosque muy fragmentado, con enorme variación en tamaño y distribución espacial. Se presenta la cobertura según la situación de bosque para cada comuna. Para las comunas jerarquizadas se detallan número, tamaño promedio, densidad y características de los fragmentos. Se relacionan los resultados con algunos parámetros del paisaje y del uso del suelo, y se discute su posible contribución al diseño de programas de manejo para la protección y recuperación del bosque esclerófilo. Estos resultados representan la información más actualizada que caracteriza la situación del bosque esclerófilo referido a las unidades político-administrativas.

Introducción

La vegetación más común en la zona de clima mediterráneo de Chile Central es la de matorrales y bosques esclerófilos. En ella predominan los arbustos altos de hojas esclerófilas y arbustos bajos xerófitos, arbustos espinosos, suculentas y árboles esclerófilos, espinosos y laurifolios con gran desarrollo en altura. Esta vegetación, comprendida dentro de los ecosistemas mediterráneos, se extiende por las laderas de la Cordillera de la Costa y la Cordillera de Los Andes, abarcando la

depresión central. A pesar de encontrarse en la región central de Chile, la más poblada y desarrollada del país, los matorrales y bosques esclerófilos no son suficientemente conocidos. Donoso (1982) los denomina 'bosques latifolia-dos siempreverdes esclerófilos con lluvias invernales y sequía estival pronunciada' y basado en un enfoque fisionómico y ecológico describe seis tipos de vegetación. Por otra parte, Gajardo (1994), con criterios florísticos y geográficos, describe cinco grandes tipos de bosque esclerófilo, con énfasis en fisonomías

arbóreas dependientes de corrientes de agua y hábitats menos áridos, pero que incluyen fisonomías de matorrales relacionados con intensa perturbación antrópica. El estado actual del bosque esclerófilo en el área de este estudio corresponde a un estado de tipo clímax regresivo (Castillo *et al.*, 2012, 2016), con comunidades de especies adaptadas a una estructura de bosque ralo y matorral degradado, con recurrencia de especies invasoras de rápido crecimiento y patrones de regeneración acelerados (Castillo, 2015).

Estos ecosistemas han estado sometidos a una creciente presión agrícola, pecuaria, de extracción y urbana, que ha reducido sensiblemente su cobertura (Schulz *et al.*, 2011). Esta presión es muy dinámica, siendo frecuentes los cambios de uso y el abandono de campos cultivados. Esto genera procesos de fragmentación del bosque, sucesiones sucesionales y, en algunos casos, recuperación de la vegetación nativa si no retornan al uso agrícola (Hernández *et al.*, 2016). Estos bosques además han presentado profundas

PALABRAS CLAVE / Conservación / Fragmentación / Sucesión Secundaria / Reforestación /

Recibido: 29/9/2017. Modificado: 05/09/2018. Aceptado: 06/09/2018.

Roberto Garfías Salinas (Autor de correspondencia). Ingeniero Forestal, Universidad de Chile. M.Sc. en Agroforestería, Universidad Autónoma Chapingo, México. Profesor, UChile. Dirección: Departamento de Gestión Forestal y su Medio Ambiente, Facultad de Ciencias Forestales y de la

Conservación de la Naturaleza, UChile. Avenida Santa Rosa 11315, La Pintana, Santiago. e-mail: rgarfias@uchile.cl

Miguel Castillo Soto. Ingeniero Forestal, Uchile. Doctor en Recursos Naturales y Sostenibilidad, Universidad de Córdoba (Uco), España.

Francisca Ruiz Gozalvo. Ingeniera Forestal e Ingeniera de Proyectos, UChile.

Antonio Vita Alonso. Ingeniero Forestal, Uchile. Profesor, Uchile.

Horacio Bown Intveen. Ingeniero Forestal, Uchile. Ph.D. in Forestry Sciences, University of

Caterbury, Nueva Zelandia. Profesor, UChile.

Rafael Navarro Cerrillo. Doctor Ingeniero de Montes, Universidad Politécnica de Madrid, España. Profesor, Universidad de Córdoba, España.

REMANENTS OF SCHLEROPHYLLOUS FOREST IN THE MEDITERRANEAN ZONE OF CENTRAL CHILE: CHARACTERIZATION AND DISTRIBUTION OF FRAGMENTS

Roberto Garfías Salinas, Miguel Castillo Soto, Francisca Ruiz Gozalvo, Antonio Vita Alonso, Horacio Bown Intveen and Rafael Navarro Cerrillo

SUMMARY

This study was performed in two regions of central Chile: Libertador Bernardo O'Higgins y del Maule, to locate and characterize the remnants of schlerophyllous forests. This ecosystem has been subject of an intense and prolonged anthropic pressure resulting in notorious cover reduction and fragmentation. Despite its important biodiversity and endemism, these forests are ill represented in the Chilean system of environmental protection. We located the forest patches using satellite imagery and GIS followed by field verification. The patches were classified on the basis of forest structure and physiognomy into three situations: open, semi-dense and dense, and referred

them to the municipality within each of the two regions. These municipalities were ordered by the size their forest cover, and a fragmentation analysis was performed in the top 14 units, using landscape indices. Results showed a very fragmented ecosystem, with great variation in patch size and spatial distribution. We present the forest cover for each situation in each municipality. In the selected municipalities we detail number of patches, mean size, density and patch characteristics. The results are then discussed in the context of landscape and land use and, its possible value to design management programs at the scale of municipal units to protect and recover the forest.

REMANESCENTES DO BOSQUE ESCLERÓFILO NA ZONA MEDITERRÂNICA DO CHILE CENTRAL: CARACTERIZAÇÃO E DISTRIBUIÇÃO DE FRAGMENTOS

Roberto Garfías Salinas, Miguel Castillo Soto, Francisca Ruiz Gozalvo, Antonio Vita Alonso, Horacio Bown Intveen e Rafael Navarro Cerrillo

RESUMO

O presente estudo foi realizado nas regiões de Libertador Bernardo O'Higgins e de Maule, Chile central, com o propósito de localizar e caracterizar os remanescentes do bosque esclerófilo. Este ecossistema foi submetido a uma intensa e prolongada pressão antrópica resultando em sua notável redução e fragmentação. O bosque esclerófilo está subrepresentado no sistema de proteção ambiental chileno apesar de sua importante biodiversidade e endemismo. As áreas com remanescentes de bosque foram localizadas usando imagens de satélite mediante um sistema de informação geográfica multicritério e posteriormente verificadas mediante controle de terreno. Após isso foram caracterizados conforme sua fisionomia e estrutura em três tipos de situações: bosque aberto, semidense e denso, para cada uma das comunas das duas regiões. As comunas

foram hierarquizadas com base à cobertura do bosque e, nas 14 comunas mais representativas, foi realizado uma análise de fragmentação usando índices de paisagem. Os resultados mostram um bosque muito fragmentado com enorme variação em tamanho e distribuição espacial. Se apresenta a cobertura segundo a situação do bosque para cada comuna e, para as comunas hierarquizadas, se detalham número, tamanho médio e características dos fragmentos. Se relacionam os resultados com alguns parâmetros de paisagem e do uso do solo e se discute sua possível contribuição ao desenho de programas de gestão para a proteção do bosque esclerófilo. Estes resultados representam a informação mais atualizada que caracteriza a situação do bosque esclerófilo referido às unidades político-administrativas.

perturbaciones recientes producto de los incendios forestales que afectaron en 2017 a una superficie de ~16,7% del total de existencias, correspondiente a 335.000ha, considerando toda el área de distribución del tipo forestal esclerófilo.

Los estudios sobre la fragmentación del bosque esclerófilo en Chile central apenas han comenzado a ser debidamente documentados. Blondel y Fernandez (2012) en un estudio en Chile Central encuentran que la notable fragmentación del bosque esclerófilo de la precordillera en el lapso 1987-

2006 se manifestó como un aumento en la densidad de parches, una reducción en el área promedio de parches, así como en el tamaño máximo de parche.

El matorral y bosque esclerófilo representa uno de los *hot spot* de biodiversidad mundial (Armesto *et al*, 2007), ameritando mayor énfasis en su estudio y una consideración especial en los esfuerzos de conservación de los bosques nativos. Dinerstein *et al* (1995) reportaron su estado de conservación 'en peligro' y con 'máxima prioridad regional'.

Para proteger los remanentes de vegetación nativa y eventualmente revertir la tendencia a su disminución, resulta imprescindible poner en práctica programas de manejo con la participación del estado y del sector privado. Esto es así dada la profundidad de la transformación, que afecta no solo a la cubierta forestal sino también a los suelos, la hidrología, el clima y también a la capacidad natural de recuperación de esta vegetación (Aronson *et al*, 1998). Por tanto, es imprescindible conocer con mayor profundidad las

características biológicas y ecológicas de estos ecosistemas, así como la ubicación y el estado actual de sus remanentes en su área de distribución.

En este trabajo se presentan los resultados de un estudio sobre la ubicación, fisionomía y grado de fragmentación de los remanentes de bosque esclerófilo presentes en dos regiones de Chile Centro-Sur. Estos resultados forman la base para una futura estimación de la biomasa aérea y radicular que aún persiste en este ecosistema mediterráneo y representan una contribución para el diseño de

estrategias de manejo, protección y recuperación de estos recursos naturales.

Materiales y Métodos

Área de estudio

El área de estudio, en la zona central de Chile, comprende las Regiones VI (Libertador Bernardo O'Higgins) y VII (del Maule), ubicadas entre 33°51' 02" y 36°32'34"S, y entre 76°26'25" y 71°20' 19"O (Figura 1). En la zona predomina el clima mediterráneo, caracterizado por inviernos lluviosos y veranos secos (Luebert y Plischoff, 2006).

Análisis espacial

Para localizar los remanentes se trabajó con los materiales provenientes del *Land Cover* para Chile, elaborado por Zhao *et al.* (2016) y con la actualización del Catastro de Recursos Vegetacionales de la Corporación Forestal Nacional para la Región de O'Higgins del año 2005 y del Maule del año 2009 (CONAF-CONAMA 2005, 2009).

De la información de *Land Cover* se identificaron las categorías de bosque a través de la extracción de códigos de vegetación asociados a bosques, los que fueron analizados con el

índice de vegetación de diferencia normalizada (NVDI) a fin de verificar si efectivamente correspondían a situaciones de bosque y de matorral. El producto resultante fue una cobertura en formato *raster*, a una resolución de 30m de unidad mínima de información.

Del Catastro de Recursos Vegetacionales se extrajeron las características del Tipo Forestal Bosque Esclerófilo, concretamente sub-tipo Forestal, estructura, especies dominantes, altura dominante, cobertura y cohesión (ver detalles en Tabla I).

Adicionalmente y también como datos del Catastro de Recursos Vegetacionales, se tomó información sobre pendientes, altitud y exposición.

Seguidamente se integraron los diferentes productos del análisis espacial a través de la intersección espacial obteniéndose las áreas con remanentes de bosque esclerófilo denominados para este estudio 'situaciones de bosque'.

Validación de puntos de muestreo

Con el fin de verificar en el campo los resultados obtenidos en el análisis espacial, se procedió a seleccionar puntos en el terreno para cada una de las situaciones de bosques

TABLA I
CRITERIOS PARA SITUACIÓN DE BOSQUE Y PARA LAS CONDICIONES FÍSICAS DERIVADAS DE LA TOPOGRAFÍA

Criterios	Descripción
Situación de Bosque	
Uso del suelo	
Tipo forestal	
Subtipo forestal	
Estructura y cobertura	Bosque denso / semidenso / abierto, re-nova, renoval mixto
Especies principales	Hasta cinco
Altura dominante	Categorías definidas en las bases de datos catastrales
Clases de cobertura	01 (denso), 02 (semidenso), 03 (abierto).
Cohesión	Área mínima de 100ha para las zonas tipificadas en cada una de las situaciones de bosque.
Físicos	
Altitud	Clases distanciadas cada 200m
Pendiente	0-15%; 15-30%; 30-45%; 45-60%; >60%
Exposición	Plana, norte, sur, este, oeste.

identificados y se representaron en formato *Google Earth* para la programación de la campaña de terreno. En esta etapa se confirmaron las localizaciones específicas de cada punto y se corroboraron en una primera instancia las situaciones de bosques pre-identificadas, a través de la superposición de capas fotográficas de alta resolución actualizadas de *Google*. Ello permitió discriminar de manera inicial las clases de bosque propuestas en las bases de datos con la existencia en terreno.

Seguidamente se visitaron los puntos seleccionados. En cada caso se constató el tipo forestal y demás criterios descritos en la Tabla I y se completó la visita con una visión sinóptica y captura de imágenes a baja altitud (30 y 120m) de la situación de bosque en el punto de validación. Para ello se utilizó un dron modelo Phantom 3 Profesional, con velocidad de vuelo de 16m·s⁻¹, y altura máxima de operación de 500m, que obtiene fotos JPG/DNG referenciadas por GPS/GLONASS de 12.4 Mpix, con un rango de inclinación de -90° a 30°.

Como resultado de la verificación, se ajustaron los registros y las bases asociadas. Con ello se verificó la concordancia entre la información contenida en la base de datos espacial y lo visto en el terreno.

Análisis del paisaje vegetal para bosque esclerófilo

Posterior a la identificación de puntos de muestreo y análisis de las características para cada situación de bosque, se describen las formaciones en función del paisaje vegetal, es decir, la distribución latitudinal y longitudinal de este tipo de formación vegetal y su interacción con el entorno geográfico dominado preferentemente por terrenos agrícolas y ganaderos, con menor proporción de plantaciones exóticas forestales para la producción y áreas pobladas en zonas de interfaz. La tipificación de estos bosques se efectuó considerando la localización en cordones montañosos de la costa y precordillera, como también en el estado de desarrollo en función de la altitud, exposición y pendientes medias para las principales zonas en donde se efectuaron los muestreos de campo y el estudio de fragmentación.

Jerarquización de comunas

El área de estudio corresponde a dos regiones de Chile Central que concentran ~47% de las existencias de bosque esclerófilo, considerando todos sus estados de desarrollo y alternancia en la dominancia de especies. Administrativamente corresponde a 63 comunas (unidad básica de la adminis-

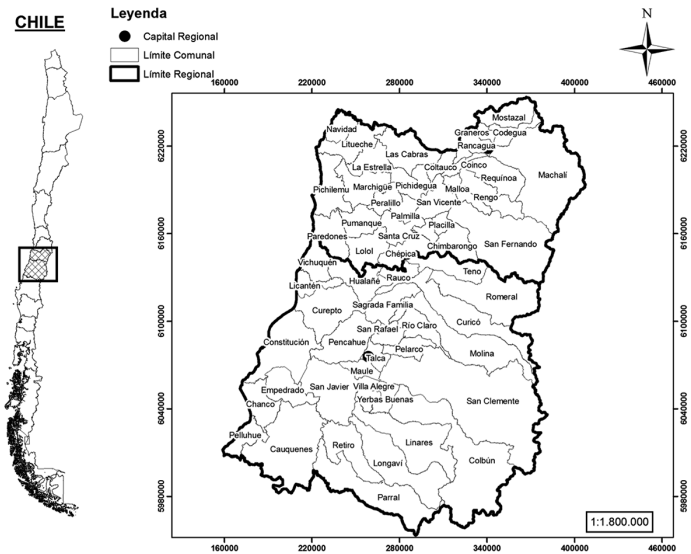


Figura 1. Mapa mostrando la ubicación de las dos regiones del área de estudio. Al norte la Región del Libertador O'Higgins y al sur la Región del Maule.

tración del Estado de Chile; 33 en O'Higgins y 30 en El Maule); todas ellas poseen algún grado de presencia de este tipo de formaciones. La identificación se efectuó mediante análisis de campo y verificación de las bases catastrales de vegetación disponible para ambas regiones. Identificadas las situaciones de bosque en el área de estudio, se procedió a seleccionar aquellos fragmentos cuya superficie fuese $\geq 0,5$ ha, superficie mínima legal sobre la cual se pueden realizar acciones de manejo y preservación de acuerdo con la Ley 20.283 de Chile (CONAF, 2009). Luego se llevó a cabo una jerarquización de comunas, seleccionando aquellas en las cuales la sumatoria de superficie boscosa de todas las situaciones de bosque identificadas fuese $\geq 5\%$ en relación a la superficie boscosa total a nivel regional.

Índices de fragmentación

Se utilizaron varias medidas e índices de paisaje para caracterizar la fragmentación de las situaciones de bosque en las comunas jerarquizadas, a saber: número de fragmentos, tamaño promedio de fragmentos, índice de diversidad de forma, índice de compactación, grado de fragmentación y densidad. Para el cálculo de los índices se usaron las ecuaciones de McGarigal y Marks (1995).

Resultados y Discusión

Los resultados actualizan la situación de bajísima cobertura y notable fragmentación del bosque esclerófilo en el área de estudio. Tal como ha sido reportado, se encontró a los bosques esclerófilos y en particular la situación densa, marginados a las zonas de mayor pendiente y exposición sur predominante (Altamirano y Lara, 2010; Badano *et al.*, 2005). En total, existen 102.028ha de bosque esclerófilo, clasificado en las tres situaciones de bosque que se describen brevemente a continuación.

El bosque esclerófilo a escala de paisaje: cordillera de la costa, valle central y precordillera

El análisis de las cubiertas vegetales en bosque nativo a escala 1:50.000 permitió apreciar la distribución general de las áreas con presencia de bosque esclerófilo en sus distintos estados estructurales, crecimiento y composición de especies. En general la presencia de dos estratos en bosque semidenso y bosque con renoval, se presentan con mayor frecuencia en altitudes entre 200 y 1.200msnm en laderas suaves de la cordillera de la costa, preferentemente en zonas de exposición sur. El paisaje fragmentado coexiste con las áreas de mayor presencia de incendios, que en su mayoría corresponden a eventos que ocurren en época de verano asociado a altas temperaturas y condiciones de estrés hídrico de las plantas. Esta situación se caracteriza por la presencia de zonas críticas de ocurrencia de incendios forestales que se asocian a sectores con mayor intervención de la vegetación, producto del cambio en el uso del suelo y a episodios de origen humano que ocasionan perturbaciones en el paisaje. Becerra *et al.* (2011) estudiaron estos ecosistemas para dilucidar los efectos de la fragmentación en paisajes. Dentro de los aspectos más importantes está el deterioro de los conectores biológicos que dan sustento al intercambio genético entre comunidades y la conservación de la biodiversidad al interior de los bosques (Smith *et al.*, 2011). Normalmente los incendios recurrentes modifican estos procesos naturales, acelerando la degradación y aumento del efecto borde. Estos efectos son más evidentes en las planicies de valle intermontanos de la costa y parte de las zonas bajas de la precordillera.

Situaciones del Bosque Esclerófilo

Situación I: *Bosque con dominio de renoval con cobertura*

abierto (bosque abierto). Estructuralmente, este tipo es casi 100% renoval abierto, con una estructura vertical en dos estratos, el inferior que puede alcanzar 4m y el superior 8m. Su estructura horizontal es muy abierta. Las especies dominantes son: *Quillaja saponaria* Mol. (quillay), *Lithraea caustica* (Mol.) Hook et Arn (litre), *Peumus boldus* Mol. (boldo), *Cryptocarya alba* (Mol.) Looser, (peumo) y *Acacia caven* Mol. (espino), con alturas entre 2 y 8m. Se ubica en pendientes entre 0 y 45% tanto en sectores con exposición sur como norte. Su distribución altitudinal es homogénea entre 0 y 1200m. Abarca una superficie de 36.440ha, una gran parte de la cual se encontró en la zona costera y en la depresión central.

Situación II: *Bosque con dominio de renoval semidenso* (bosque semidenso). Se trata de un bosque muy similar al anterior en su estructura vertical de dos estratos y en la dominancia de las cinco especies leñosas mencionadas. La diferencia es que se trata de un bosque adulto con un renoval de cobertura semidensa. Igual que el bosque abierto, se sitúa en pendientes de 0 a 45% y altitudes entre 0 y 1.200m, pero se restringe preferentemente a la exposición sur. Ocupa 37.529ha, principalmente en la depresión central del área de estudio, donde existe una mayor presión antrópica.

Situación III: *Bosque con dominio de renoval denso* (bosque denso). Se diferencia de los dos anteriores por su estructura tanto vertical como horizontal. El estrato bajo tiene entre 4 y 8m, mientras que el alto puede llegar hasta los 12m. Su cobertura es más densa, con una proporción de 93% de renoval denso y 7% de bosque adulto con renoval denso, aunque las especies dominantes son esencialmente las mismas. Se sitúa en laderas de exposición sur con pendientes entre 15 y 45%, ocupando 28.059ha, entre 0 y 1.500msnm. Al menos la mitad de la extensión se

encuentra en la pre-cordillera. Una pequeña fracción (7%) se ubica sobre los 1.500msnm, mostrando menores niveles de degradación que a altitudes inferiores.

Asociaciones y procesos

Los resultados muestran una degradación del bosque esclerófilo para las situaciones I y II, concentrando esta condición preferente en zonas bajas de la cordillera de la costa y valle central. De acuerdo al análisis de fragmentación, el bosque y matorral abierto en dos estratos correspondientes a bosque y renoval abierto con dos estratos y el bosque con renoval semidenso presentan las mayores extensiones de este tipo de estructuras de bosque y matorral degradado, concentrándose la mayor densidad y cohesión de fragmentos en la situación de tipo III, preferentemente en los sectores precordilleranos entre 800 y 1.500msnm. Esta situación geográfica del bosque esclerófilo se complementa con el estudio de perturbaciones en el área de estudio, principalmente por efectos de la ganadería, agricultura, y en los últimos 50 años, por los incendios forestales. Mayores antecedentes sobre perturbaciones en este tipo de formaciones vegetales se presentan en Sandoval (2016), quien analiza estos ecosistemas con afectaciones por incendios forestales, evaluando para ello los patrones de regeneración natural y descriptores de riqueza y abundancia. En general las diferentes especies adultas, principalmente formaciones mixtas de litre, boldo, peumo, quillay y espino, expresan una limitante en la regeneración natural post-fuego, principalmente por efecto de la herbivoría y la recurrencia de episodios de fuego en zonas cercanas a actividades antrópicas asociadas a zonas pobladas y agro-ganaderas. Aun así, estos ecosistemas fragmentados poseen una extensión en la presencia de especies ligada a la recurrencia de perturbaciones, con una modificación creciente a bosque y matorral abierto y abun-

dante regeneración vegetativa por propágulos. Becerra (2017) en este mismo tipo de bosques evidencia el efecto de la herbivoría como la principal variable explicativa de la escasa regeneración por semillas después del paso del fuego, analizando para ello condiciones bajo dosel y sin cubierta protectora.

Estados de desarrollo del bosque esclerófilo

Los resultados del análisis cartográfico a escala de paisaje (1:50.000) y el muestreo de terreno mediante vuelos y descripción de parcelas, indica que el bosque esclerófilo es posible discriminarlo por estados de desarrollo y por niveles de degradación. En cuanto al crecimiento, este bosque presenta tres rasgos que representan distintos estados de desarrollo de una misma comunidad de vegetación arbórea y arbustiva, cuya composición varía longitudinalmente. No obstante, las especies del bosque y matorral esclerófilo tienden a formar comunidades regulares en extensión de fragmentos, con patrones de cobertura vertical que varían de uno a dos estratos. Los siguientes párrafos describen la situación media de tres tipos de estructuras de bosque y matorral presentes en Chile Central, cuyos principales rasgos distintivos se basan en las diferencias de estratos, cobertura y disposición de la vegetación en función del rango altitudinal y la exposición media en laderas de cerros y cordilleras.

Situación en las Regiones del área bajo estudio

Región del Libertador Bernardo O'Higgins (VI Región). Se detectó cobertura de bosque en 31 de las 33 comunas de la VI Región, sumando un total de 52.996ha, un 3,24% de la superficie total de la Región. Esta área se reparte de manera casi equivalente entre los tres tipos fisonómicos: 36% corresponde a la situación I (bosque abierto), 31% a la situación II (bosque semidenso) y 33% a la situación

III (bosque denso). De las 31 comunas, San Fernando es la de mayor cobertura, con 9.098ha (17%), mientras que Coinco es la de menor cobertura con apenas 18ha (0,03%). Las comunas que presentaron cobertura de bosque se listan en la Tabla II, con las coberturas para cada situación. La distribución espacial se presenta en el mapa de la Figura 2, destacando las seis comunas jerarquizadas para la región, bajo el criterio de que la superficie boscosa comunal fuese $\geq 5\%$ de la superficie regional.

Región del Maule (VII Región). En esta Región se detectó cobertura de bosque en las 30 comunas que la conforman, con un total de 49.032ha que representan el 1,61% del área de la Región. La situación con mayor cobertura es la de bosque semidenso con 43%, seguido por la de bosque abierto con 36% y la situación de bosque denso con 21%. La comuna de mayor cobertura es Cu-

ricó con 5.634ha (11%) y la de menor cobertura es Villa Alegre con apenas 34ha (0,1%).

En la Tabla II se listan las 30 comunas, con la cobertura en cada situación de bosque. La

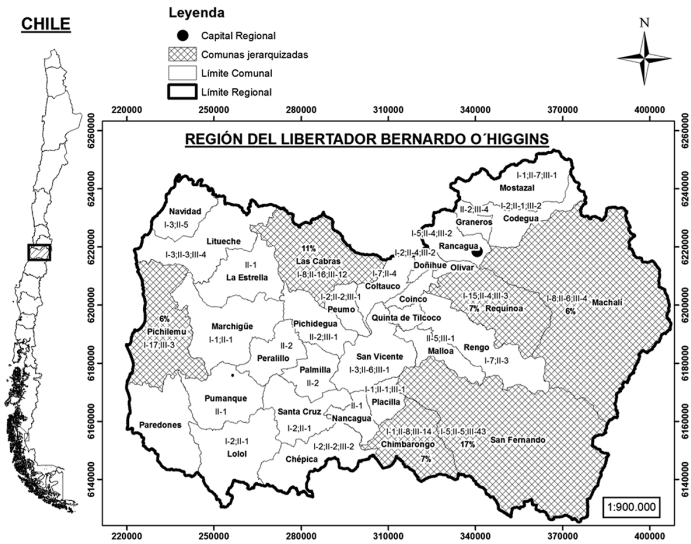


Figura 2. Región del Libertador O'Higgins con sus comunas mostrando el porcentaje del total de bosque esclerófilo y de cada situación de bosque, en relación a la Región. I: bosque de renovación abierto; II: bosque de renovación semidenso; III: bosque de renovación denso. Cada situación va seguida de un número que representa el porcentaje de la situación en la comuna respecto al total de la Región.

TABLA II
COMUNAS DE LAS DOS REGIONES DEL ESTUDIO, CON LA COBERTURA DE CADA SITUACIÓN DE BOSQUE Y TOTAL, EN ORDEN DECRECIENTE DE COBERTURA TOTAL (ha)

Región de O'Higgins					Región del Maule				
Comuna	S I	S II	S III	Total	Comuna	S I	S II	S III	Total
San Fernando	908	731	7459	9098	Curicó	1530	3788	316	5634
Las Cabras	1494	2624	2025	6143	Romeral	1902	1109	2499	5510
Requinoa	2707	698	559	3964	Pencahue	2834	1587	810	5231
Chimbarongo	135	1322	2391	3848	Sagr. Familia	3138	1350	360	4848
Pichilemu	3199	0	467	3666	Linares	279	635	2281	3195
Machalí	1423	1000	665	3088	Curepto	2773	333	68	3174
Coltauco	1283	686	29	1998	Teno	343	2189	611	3143
Rancagua	851	716	362	1929	Rauco	627	1573	759	2959
Litueche	664	468	781	1913	Molina	976	927	253	2156
Rengo	1273	526	0	1799	Cauquenes	703	1025	0	1728
San Vicente	590	1059	156	1805	Longavi	247	797	655	1699
Navidad	640	864	21	1525	San Javier	886	463	329	1678
Doñihue	439	628	403	1470	Colbún	170	936	336	1442
Mostazal	178	1094	213	1485	San Clemente	388	756	189	1333
Chepica	462	300	369	1131	Constitución	46	416	648	1110
Graneros	19	415	693	1127	Pelarco	279	458	6	743
Peumo	455	293	242	990	San Rafael	146	579	0	725
Malloa	1	813	126	940	Hualañé	52	439	124	615
Codegua	354	260	260	874	Pelluhue	0	475	51	526
Lolol	408	169	53	630	Parral	0	400	6	505
Santa Cruz	382	159	42	583	Río Claro	165	154	2	321
Placilla	271	136	150	557	Maule	81	21	94	196
Pichidegua	67	429	98	594	Chanco	0	87	0	87
Marchihue	344	160	67	571	Licantén	4	76	0	80
Peralillo	31	295	3	329	Talca	2	76	0	78
Palmilla	66	252	0	318	Empedrado	8	42	28	78
Pumanque	61	159	0	220	Vichuquén	0	77	0	77
Nancagua	0	165	0	165	Retiro	0	69	0	69
La Estrella	45	90	0	135	Yerbas Bnas.	0	58	0	58
Paredones	83	0	0	83	Villa Alegre	20	14	0	34
Coinco	8	10	0	18					

SI: situación de bosque abierto, SII: situación de bosque semidenso, SIII: situación de bosque denso.

TABLA III
NÚMERO DE FRAGMENTOS POR SITUACIÓN DE BOSQUE Y TAMAÑO PROMEDIO
DE LOS FRAGMENTOS BOSQUE PARA LAS COMUNAS JERARQUIZADAS
EN CADA UNA DE LAS DOS REGIONES ESTUDIADAS

		Número de fragmentos				Superficie promedio de fragmentos (ha) y coeficientes de variación (CV)					
Comunas		S I	S II	S III	Total	Promedio	CV	Promedio	CV	Promedio	CV
		SI		SII		SIII					
Región de O'Higgins	San Fernando	115	146	517	778	7,89	132,82	5,01	122,55	14,44	114,26
	Las Cabras	177	319	174	670	8,44	113,98	8,22	123,23	11,63	96,73
	Requinoa	465	106	66	673	5,82	128	6,58	126,29	8,47	113,81
	Chimbarongo	13	98	155	266	10,4	139,71	13,49	110,08	15,43	74,59
	Pichilemu	257	0	94	351	12,44	117,04	0	0	4,96	121,57
	Machali	501	282	159	942	2,84	133,8	3,54	144,35	4,18	120,33
Número total		1528	951	1165	3644						
Región del Maule	Curicó	194	347	4	545	7,88	223,09	6,91	403,61	79,2	91,5
	Romeral	181	117	162	460	10,5	238,28	9,48	274,78	15,42	573,34
	Pencahue	281	183	64	528	10,08	259,72	8,67	391,34	12,65	259,68
	Sagrada Familia	265	114	30	409	11,84	366,89	11,84	417,39	12,01	273,68
	Linares	40	62	120	222	6,99	192,84	10,24	240,72	19	519,84
	Curepto	290	42	13	345	9,56	262,65	7,93	174,14	5,27	151,99
	Teno	55	180	40	275	6,24	199,83	12,16	262,08	15,29	480,7
	Rauco	72	126	42	240	8,71	228,58	12,48	295,11	18,09	187,45
Número total		1378	1171	475	3024						

SI: situación de bosque abierto, SII: situación de bosque semidenso, SIII: situación de bosque denso.

Situación de los bosques desde el punto de vista comunal - administrativo

Este estudio quiso además expresar sus resultados desde el punto de vista comunal y administrativo, como una referencia técnica útil para que los distintos municipios de Chile Central puedan contar con una visión actualizada de la situación de existencias, abundancia y disposición de las masas forestales en bosque esclerófilo, considerando los análisis de la fragmentación y de la tipificación de las tres principales situaciones de bosque que se expresan en las zonas de costa, valle central y precordillera.

El presente estudio puso énfasis en la sectorización de los resultados por comuna en cada región. La información obtenida permite describir las comunas sobre la base de la cobertura de cada situación de bosque con información sobre las características de fragmentación, lo que puede servir de base para la formulación de políticas públicas, la regionalización de los planes de manejo y recuperación y para la implementación de propuestas para el secuestro de carbono. A esos fines, lo que se busca es la cohesión de los resultados

desde el punto de vista ecológico, de manera de poder dimensionar con mayor precisión el estado de fragmentación por situación de bosque, y poder extender estos resultados a nivel de grupos de comunas que posean cohesión o adherencia espacial a escala de paisaje, considerando la amplia variabilidad del tamaño de los fragmentos descritos desde el punto de vista ecológico mediante el test no paramétrico.

En la VI Región, las seis comunas jerarquizadas son:

San Fernando, Chimbarongo, Machali, Requinoa, Las Cabras y Pichilemu, que juntas representan 56% de la cobertura de bosque esclerófilo a nivel regional. Las primeras cuatro de ellas están ubicadas principalmente en la cordillera andina y su pre-cordillera, mientras que las otras dos se encuentran en la Cordillera de la Costa. La comuna de San Fernando, con un 17% del total de bosque de la Región, es no solo la de mayor extensión de bosques esclerófilos sino también la

TABLA IV
ESTADÍSTICOS DE
CONTRASTE PRUEBA
U MANN-WHITNEY

Situación de bosque	Valor Z	p-valor
S I	-0,77	0,43
S II	-1,80	0,07
S III	-1,80	0,07

SI: situación de bosque abierto, SII: situación de bosque semidenso, SIII: situación de bosque denso.

más representativa de la situación de bosque denso con 7.459ha (82% de su cobertura esclerófila). Solo un 9% de su territorio se clasificó como de uso agrícola y forestal para 2005 (CONAF 2011). Al sur de San Fernando se encuentra la Comuna de Chimbarongo, con un 7% del total de bosque esclerófilo de la Región y donde predominan el tipo denso (2.391ha, el 62% de su área boscosa) y el semidenso (con 34%). Más de la mitad de los fragmentos en estas dos comunas están en situación de bosque denso y los tamaños máximos de fragmento en esta situación son 136ha en San Fernando y 73ha en Chimbarongo.

La segunda comuna en representación del bosque esclerófilo en la VI Región es Las Cabras, con un 11% del total de la Región. En esta comuna están representadas las tres situaciones de bosque, con una

TABLA V
ÍNDICES DE FRAGMENTACIÓN DE LAS COMUNAS PRIORIZADAS
EN LAS DOS REGIONES DEL ÁREA DE ESTUDIO

		Diversidad de Patton (DI)			Compactación (K)			Grado de fragmentación (F)			Densidad (100ha)		
Comunas		S I	S II	S III	S I	S II	S III	S I	S II	S III	S I	S II	S III
Región de O'Higgins	San Fernando	2,21	1,9	2,08	0,5	0,57	0,52	0,003	0,003	0,032	0,04	0,06	0,22
	Las Cabras	2,1	2,09	2,17	0,52	0,52	0,5	0,019	0,034	0,026	0,23	0,42	0,23
	Requinoa	1,95	2,02	1,83	0,56	0,55	0,58	0,04	0,01	0,008	0,68	0,15	0,09
	Chimbarongo	2,44	2,08	2,03	0,49	0,52	0,52	0,002	0,026	0,047	0,02	0,19	0,3
	Pichilemu	2,42	0	2,25	0,46	0	0,51	0,044	0	0,006	0,35	0	0,13
	Machali	1,78	1,78	1,92	0,6	0,6	0,57	0,005	0,003	0,002	0,19	0,1	0,06
Región del Maule	Curicó	2,17	2,19	2,8	0,54	0,54	0,42	0,011	0,028	0,002	0,14	0,26	0,003
	Romeral	2,24	2,28	2,43	0,54	0,53	0,52	0,011	0,006	0,015	0,11	0,07	0,1
	Pencahue	2,43	2,66	2,28	0,51	0,46	0,56	0,029	0,016	0,008	0,29	0,19	0,06
	Sagrada Familia	2,16	2,23	2,25	0,57	0,55	0,54	0,056	0,024	0,006	0,47	0,2	0,05
	Linares	2,3	2,6	1,98	0,54	0,44	0,58	0,001	0,004	0,015	0,02	0,04	0,08
	Curepto	2,42	2,85	2,72	0,53	0,45	0,46	0,025	0,003	0,0006	0,27	0,03	0,01
	Teno	2,28	2,31	2,31	0,52	0,51	0,49	0,005	0,035	0,009	0,08	0,29	0,06
	Rauco	2,43	2,29	2,51	0,54	0,51	0,5	0,02	0,051	0,024	0,23	0,41	0,13

SI: situación de bosque abierto, SII: situación de bosque semidenso, SIII: situación de bosque denso.

preponderancia del bosque semidenso, que domina en la mitad de sus 670 fragmentos. Los remanentes del bosque esclerófilo se encuentran mayormente en las laderas de la Cordillera de la Costa con alturas <1000m. La presión antrópica ha resultado en más de un 25% del territorio dedicado a la agricultura, con muy poca presencia de plantaciones forestales (CONAF 2011).

Las tres comunas restantes, Pichilemu, Requinoa y Machali, están dominadas por la situación de bosque abierto que, entre las tres, suma 7.329ha. En Pichilemu, ubicado en la franja costera con un paisaje dominado por planicies y colinas, más del 90% de la tierra tiene un uso mayormente forestal o agropecuario (INE, 2007). Solo un 6% del área de la comuna presenta cobertura de bosques esclerófilos y la situación abierta predomina (3.199ha) en el 73% de los 351 fragmentos (Tabla III). Cabe destacar que acá hay fragmentos con tamaños mayores de 100ha. En Requinoa, en el sector nororiental de la Región, los remanentes de bosques esclerófilos ubicados en la precordillera representan un 7% del área de la comuna, con más de las dos terceras partes en situación de bosque abierto (2.707ha) en 673 fragmentos, y cuya superficie máxima apenas pasa de las 50ha. Machali es la comuna de mayor superficie de la Región y está ubicada en el extremo nororiental (Figura 2). La mayor parte de su superficie se ubica en la Cordillera de Los Andes. Allí se registró un 6% del total de bosque esclerófilo de la Región (3.088ha), del cual casi la mitad está en situación de bosque abierto con 1.423ha en 501 fragmentos, el mayor de los cuales tiene 30ha. En esta comuna se ubica la Reserva Nacional 'Río Cipreses' (36.882ha).

Serey *et al.* (2007) señalan que en las seis comunas jerarquizadas se encuentran áreas de importancia prioritaria para la conservación de la biodiversidad por su riqueza en especies de plantas y animales, su endemismo, y la presencia de especies emblemáticas y amenazadas.

En la Región del Maule, las ocho comunas jerarquizadas son Curicó, Romeral, Penciahue, Sagrada Familia, Linares, Curepto, Teno y Rauco, que representan casi el 70% de todo el bosque esclerófilo de esta Región. Curicó, Romeral y Teno, ubicadas en el noreste de la Región (Figura 3), son comunas de la cordillera andina. En la comuna de Curicó se encuentra el 11% del bosque de esta Región (5.634ha), las dos terceras partes en situación de bosque semidenso y con un 6% en situación de bosque denso. Romeral tiene casi tanto bosque como Curicó, 5.510ha (11% del total) pero aquí domina la situación de bosque denso con un 45% del total y un tamaño máximo superior a las 1.100ha. La tercera comuna de la precordillera es Teno, con 3.143ha (6%), con más de las dos terceras partes en situación de bosque semidenso. Estas tres comunas suman un total de 1.280 fragmentos, con tamaño máximo entre 100 y 200ha; un 43% está en situación de bosque denso.

Las comunas de Penciahue, Sagrada Familia, Curepto y Rauco se ubican en la Cordillera de la Costa, cercanas a los valles centrales. El relieve de estas comunas está dominado por cerros bajos con pendientes entre 30 y 50%. Penciahue tiene 5231ha (10% del total) con la mitad en situación de bosque abierto, mientras que Sagrada Familia tiene 4848ha (10% del total) también con predominancia de la situación abierta (65%). Esta predominancia de la situación abierta es aún mayor en Curepto (87%), que tiene 2773ha (6% del total). Finalmente, Rauco con 2959ha (6% del total) tiene más de la mitad en situación de bosque semidenso. En estas cuatro comunas se registró un total de 1522 fragmentos, con 65% en situación de bosque abierto y 31% en situación de bosque denso.

Muy distinta a las anteriores comunas de esta Región es Linares, ubicada más al sur y que comparte su territorio entre la depresión central y la precordillera andina. Tiene 3195ha de bosque esclerófilo (6% del

total) con 71% en situación de bosque denso. Esto se compatibiliza con el análisis de fragmentos, ya que de los 222 fragmentos más del 50% se caracteriza por la situación de bosque denso. Aquí el tamaño máximo registrado fue de 1016ha.

El conocimiento de la ubicación y características de fragmentación de las distintas situaciones de bosque es relevante para el diseño de estrategias de recuperación de la cobertura boscosa. Procesos de recuperación natural han sido reportados en otras regiones y ecosistemas y se han explicado como consecuencia de la dinámica socio-económica (Roura-Pascual *et al.*, 2005). En Chile central se ha reportado el aumento natural de la cobertura del bosque esclerófilo (CIREN, 2013) y se ha señalado, junto a factores físicos, al abandono de campos agrícolas como factor principal (Grau y Aide, 2008).

Se estima que los fragmentos juegan un papel importante en la recuperación de la cobertura, tanto en la producción de semillas como atrayendo dispersores que traen semillas de otros sitios (Bustamante *et al.*, 2005), aumentan la conectividad del paisaje (Hernández *et al.*, 2015), son facilitadores en el establecimiento y crecimiento de nuevas plantas (*nursing effect*; Fuentes-Castillo *et al.*, 2012; Root-Bernstein *et al.*, 2017) y como refugio de fauna (Smith-Ramírez *et al.*, 2005). Además, la existencia de fragmentos de bosque, sin importar su tamaño, puede ser base para una estrategia de recuperación activa, tal como proponen Rey-Benayas *et al.* (2008).

Dado que apenas un 2% de la cobertura del bosque esclerófilo está protegido en el Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas del Estado (CONAF-CONAMA, 1999) se hace imprescindible la formulación de planes de protección y recuperación del bosque. Para adelantar estos planes se requieren estudios detallados a escala comunal que permitan conocer la composición florística, las matrices que rodean los fragmentos y las características socio-económicas del entorno. Para

que puedan avanzar, los esfuerzos para recuperar el bosque deben contar no solo con apoyo científico y técnico, sino sobre todo con la participación de los actores sociales en cada comuna (Newton *et al.*, 2011).

Conclusiones

El estado actual del bosque esclerófilo chileno presenta tres situaciones estructurales que se relacionan a los procesos de fragmentación presentes en el área de estudio. De acuerdo al cambio de uso del suelo en los últimos 50 años, la actividad creciente de agricultura, ganadería y actividades forestales han contribuido a profundos cambios en el paisaje vegetal, evidenciándose una mayor conservación hacia sectores de menor accesibilidad para las actividades humanas. La situación que aquí se pone de manifiesto no es exclusiva de Chile, sino que se encuentra en otras regiones mediterráneas del globo, donde presiones antrópicas han conducido a situaciones similares de fragmentación de los bosques mediterráneos. Los antecedentes citados señalan que los fragmentos juegan un papel importante tanto ecológico como socio-económico, como refugios de flora y fauna y protectores de servicios ecológicos, así como proveedores de recursos para satisfacer necesidades de la población, representando un acervo ecológico que puede ser base de iniciativas orientadas a su recuperación. Esta información actualizada caracteriza la situación del bosque esclerófilo, referido a las unidades político-administrativas consideradas en el estudio. Al ubicar los fragmentos de bosque en las comunas se enfatiza la importancia y urgencia de acometer programas de recuperación de este importante ecosistema a escala comunal en las dos regiones que comprende el área de estudio.

AGRADECIMIENTOS

Este estudio fue realizado con el apoyo financiero de la Corporación Nacional Forestal (CONAF), Proyecto CONAF

REFERENCIAS

- Altamirano A, Lara A (2010) Deforestación en ecosistemas templados de la precordillera andina del centro-sur de Chile. *Bosque* 31: 53-64.
- Armesto JJ, Arroyo M, Hinojosa LF (2007) The Mediterranean environment of Central Chile. En Velben TT, Young KR, Orme AR (Eds.) *The Physical Geography of South America*. Oxford University Press. Nueva York, EEUU. pp. 184-199.
- Aronson J, Del Pozo A, Ovalle C, Avendaño J, Lavin A, Etienne M (1998) Land use changes and conflicts in Central Chile. En Rundel PW, Montenegro G, Jaksic F (Eds.) *Landscape Disturbance and Biodiversity in Mediterranean-type Ecosystem*. Springer. Berlin, Alemania. pp. 155-168.
- Badano EI, Cavieres LA, Molina-Montenegro MA, Quiroz CL (2005) Slope aspect influences plant association patterns in the Mediterranean matorral of central Chile. *J. Arid Environ.* 62: 93-110.
- Blondel M, Fernández I (2012) Efectos de la fragmentación del paisaje en el tamaño y frecuencia de incendios forestales en la zona central de Chile. *Conserv. Amb.* 2: 7-16.
- Bustamante RO, Simonetti JA, Grez AA, San Martín J (2005) Fragmentación y dinámica de regeneración del bosque maulino: diagnóstico actual y perspectivas futuras. En Smith-Ramírez C, Armesto JJ, Valdovinos C (Eds.) *Historia, Biodiversidad y Ecología de los Bosques Costeros de Chile*. Universitaria. Santiago de Chile. pp. 555-564.
- Becerra P (2017) *Efectos de los Incendios en la Regeneración de la Vegetación en Chile Central*. Seminario Internacional: Acción Temprana Post Incendios Forestales. Pontificia Universidad Católica de Chile. 24 pp.
- Becerra P, Smith-Ramírez C, Echeverría C, Armesto J (2011). Efectos de la fragmentación en las comunidades de plantas de la zona central de Chile. Recuadro 4.7. En Newton AC, Tejedor N (Eds.) *Principios y Práctica de la Restauración del Paisaje Forestal. Estudios de Caso en las Zonas Secas de América Latina*. pp. 125-126.
- Castillo M (2015) Diagnosis of forest fires in Chile. En Gonçalves AJB, Vieira AAB (Eds.) *Wildland Fires. A Worldwide Reality*. Nova. Hauppauge, NY, EEUU. pp. 211-224.
- Castillo M, Garfias R, Julio G, González L (2012) Análisis de grandes incendios forestales en la vegetación nativa de Chile. *Interciencia* 37: 796-804.
- Castillo M, Molina JR, Rodríguez y Silva F, García-Chevesich P, Garfias R (2016) A system to evaluate fire impacts from simulated fire behavior in Mediterranean areas of Central Chile. *Sci. Total Environ.* 579: 1410-1410.
- CIREN (2013) *Monitoreo de Cambios, Corrección Cartográfica y Actualización del Catastro de Bosque Nativo en las Regiones de Valparaíso, Metropolitana y Libertador Bernardo O'Higgins*. Centro de Información de Recursos Naturales. Santiago, Chile. 130 pp.
- CONAF-CONAMA (1999) *Catastro y Evaluación de Recursos Vegetacionales Nativos de Chile*. Corporación Nacional Forestal. Santiago, Chile, 87 pp.
- CONAF (2009) *Ley de Recuperación del Bosque Nativo y Fomento Forestal y Reglamentos*. Corporación Nacional Forestal. Santiago, Chile. 90 pp.
- CONAF (2011) *Catastro y Evaluación de los Recursos Vegetacionales Nativos de Chile. Monitoreo de Cambios y Actualizaciones. Período 1997-2011*. Corporación Nacional Forestal. Santiago, Chile. 28 pp.
- Dinerstein E, Olson DM, Graham DJ, Webster AL, Primm SA, Bookbinder MP, Ledec G (1995) *Una Evaluación del Estado de Conservación de las Eco-Regiones de América Latina y el Caribe*. Banco Mundial. Washington, DC, EEUU. 135 pp.
- Donoso C (1982) Reseña ecológica de los bosques mediterráneos de Chile. *Bosque* 4: 117-146.
- Fuentes-Castillo T, Miranda A, Rivera-Hutinel A, Smith-Ramírez C, Holmgren M (2012) Nucleated regeneration of semiarid sclerophyllous forests close to remnant vegetation. *Forest Ecol. Manag.* 274: 38-47.
- Gajardo R (1994) *La Vegetación Natural de Chile: Clasificación y Distribución Geográfica*. Universitaria, Santiago de Chile. 165 pp.
- Grau HR, Aide M (2008) Globalization and land-use transitions in Latin America. *Ecol. Soc.* 13(2): 16.
- Hernández A, Miranda M, Arellano EC, Saura S, Ovalle C (2015) Landscape dynamics and their effect on the functional connectivity of a Mediterranean landscape in Chile. *Ecol. Indic.* 48: 198-206.
- Hernández A, Miranda M, Arellano EC, Dobbs C (2016) Landscape trajectories and their effect on fragmentation for a Mediterranean semi-arid ecosystem in Central Chile. *J. Arid Environ.* 127: 74-81.
- INE (2007) *Censo Agropecuario y Forestal*. Instituto Nacional de Estadística. Santiago, Chile. <http://www.ine.cl/estadisticas/economicas/estad%C3%ADsticas-agropecuarias>
- Luebert F, Plischoff P (2006) *Sinopsis Bioclimática y Vegetacional de Chile*. Universitaria, Santiago de Chile. 316 pp.
- McGarigal K, Marks BJ (1995) *FRAGSTATS: Spatial Pattern Analysis Program for Quantifying Landscape Structure*. General Technical Report PNW-GTR-351. Pacific Northwest Research Station. U.S. Dept. Agriculture, Portland, OR, EEUU.
- Newton AC (2011) Synthesis: Principles and practice of forest landscape restoration. In Newton AC, Tejedor N (Eds.) *Principles and Practice of Forest Landscape Restoration: Case studies from the drylands of Latin America*. IUCN. Gland, Suiza. Pp. 353-383.
- Rey-Benayas JM, Bullock JM, Newton AC (2008) Creating woodland islets to reconcile ecological restoration, conservation, and agricultural land use. *Front. Ecol. Environ.* 6: 329-336.
- Root-Bernstein M, Valenzuela R, Huerta M, Armesto J, Jaksic F (2017) *Acacia caven* nurses endemic sclerophyllous trees along a successional pathway from silvopastoral savanna to forest. *Ecosphere* 8(2) e01667.10.1002/ecs2.16
- Roura-Pascual N, Pons P, Etienne M, Lambert B (2005) Transformation of a rural landscape in the Eastern Pyrenees between 1953 and 2000. *Mount. Res. Dev.* 25: 252-261.
- Sandoval N (2016) *Capacidad de Regeneración Natural del Bosque Esclerófilo de Chile Central Después de Distintas Frecuencias de Incendios*. Tesis. Universidad Austral de Chile. 75 pp.
- Schulz JJ, Cayuela L, Rey-Benayas JM, Schröder B (2011) Factors influencing vegetation cover change in Mediterranean Central Chile (1975-2008). *Appl. Veget. Sci.* 14: 571-582.
- Serey I, Smith-Ramírez C, De la Barrera F, Moraga S, Ricci M, Lobos P, González T (2007) Sitios prioritarios de la región de O'Higgins. En *Libro Rojo de la Región de O'Higgins*. Corporación Nacional Forestal (CONAF) y Universidad de Chile. Emaras. pp. 123-137.
- Smith-Ramírez C, Armesto JJ, Valdovinos C (Eds.) (2005) *Historia, Biodiversidad y Ecología de los Bosques Costeros de Chile*. Universitaria. Santiago de Chile. 708 pp.
- Smith-Ramírez C, Linera CW, Del Castillo G, Marcial RFR, Santelises NA, Aquino RT (2011) Fragmentación y efectos de la elevación en la diversidad de árboles de los bosques secos estacionales de México y Chile. En *Principios y Práctica de la Restauración del Paisaje Forestal: Estudios de Caso en las Zonas Secas de América Latina*. pp. 105-134.
- Zhao Y, Fenga D, Yua L, Wang X, Chenc Y, Bai Y, Hernández J, Galleguillos M, Estades C, Biging G, Radke J, Gong P (2016) Detailed dynamic land cover mapping of Chile: Accuracy improvement by integrating multi-temporal data. *Rem. Sens. Environ.* 183: 170-185.