



INSTITUTO DE ECOLOGÍA Y BIODIVERSIDAD



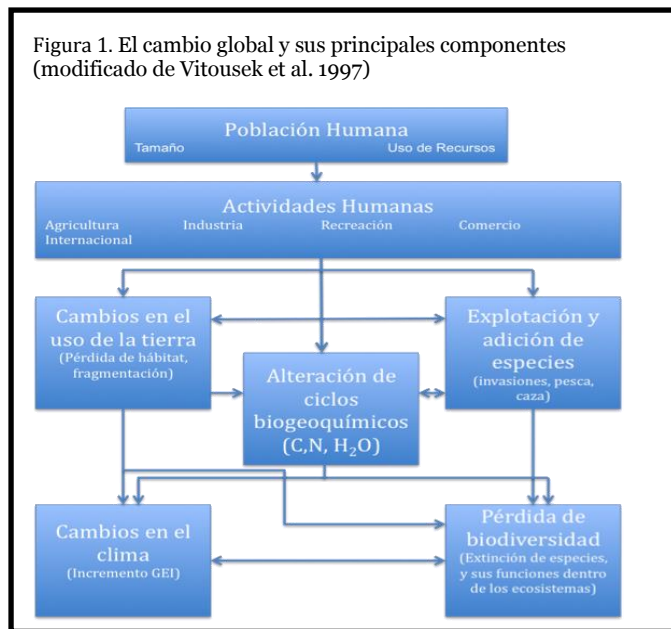
PROPUESTA DE LINEAS DE INVESTIGACIÓN PARA APOYAR LA GESTIÓN AMBIENTAL EN EL
PREDIO EL SOLDADO

DR. PABLO A. MARQUET
DR. AURORA GAXIOLA
DR. JUAN J. ARMESTO
DR. FRANCISCO MEZA
DR. SEBASTIÁN VICUÑA

I. Introducción

El creciente impacto de las actividades humanas sobre los ecosistemas del planeta se verifican en la alteración de su funcionamiento como consecuencia de la alteración de los ciclos biogeoquímicos y el clima (producto de la emisión de gases con efecto invernadero), cambios en el uso de la tierra, introducción de especies exóticas, sobre-explotación y pérdidas en la biodiversidad. El conjunto de estos cambios se conocen como Cambio Global (e.g. Vitousek 1997, Figure 1) y su importancia radica en que afectan los servicios que los ecosistemas proveen para el bienestar y desarrollo económico de los grupos humanos (Millennium Ecosystem Assessment 2005), tales como provisión de agua dulce y suelo, reducción del efecto de eventos climáticos extremos (e.g. inundaciones), regulación de enfermedades y plagas agrícolas y la

polinización de cultivos. En este contexto, es prioritario desarrollar una planificación estratégica que permita conciliar objetivos de conservación con objetivos de desarrollo económico y bienestar social, en el entendido de que ambos están íntimamente asociados.



en los cuales los impactos negativos inevitables son compensados por actividades de conservación que son al menos iguales en valor a los impactos que no pueden ser reducidos. Estas prácticas son especialmente importantes en ecosistemas reconocidos por su alto valor de conservación con son los ecosistemas Mediterráneos.

La faena minera El Soldado se se localiza en la Cordillera El Melón, declarada sitio prioritario de conservación de la biodiversidad por CONAMA, debido a la presencia de especies con estado de conservación (e.g., Belloto, Naranjillo, Guayacán) y de zonas con gran extensión de Bosques Esclerófilos y matorrales. En esta zona predominan los Ecosistemas Mediterráneos (diCatri 1973) que son los que contienen mayor biodiversidad en Chile, y son reconocidos internacionalmente como uno de los 34 Hotspots o "puntos calientes" de biodiversidad mundial (Myers et al. 2000, Arroyo et al. 2004, 2006, ver Figura 2).

Figura 2. Hotspot de biodiversidad en la zona central de Chile dónde se desarrollan los ecosistemas de tipo Mediterráneo (tomado de www.biodiversityhotspots.org).



Los *hotspots* de biodiversidad se definen como regiones donde se concentra un mínimo de 1500 especies de plantas vasculares endémicas, contienen una alta proporción de vertebrados endémicos, y corresponden a áreas de alta vulnerabilidad en donde el hábitat original ha sido fuertemente impactado por las acciones del hombre (Myers et al., 2000). Tal como lo señala Arroyo y colaboradores (2006) el *hotspot* chileno contiene un total de 3.893 especies nativas de plantas vasculares, de las cuales un 50,3% (1.957) son endémicas del *hotspot per se*. En general se puede sostener que los ecosistemas mediterráneos de Chile son de gran valor por poseer un gran cantidad de especies (gran parte de las cuales son endémicas) por estar fuertemente amenazados por pérdida y alteración de su hábitat natural) y además por que poseen una flora y fauna con gran

importancia evolutiva, pues representan en muchos casos los únicos sobrevivientes de linajes que alguna vez eran ampliamente distribuidos en el hemisferio sur. A esto se suma que los estudios del efecto del cambio climático sobre esta zona predicen importantes modificaciones en los regímenes de lluvias, con decrecimientos que pueden llegar a un 40%, los cuales en conjunto con incrementos en la temperatura media anual y subida en altura de la isoterma cero grado (CONAMA 2007) y consecuente reducción en la reserva de nieves sugieren una aridización de esta área. Las proyecciones del cambio climático señalan, asimismo, que esta zona se verá enfrentada a grandes cambios en su biodiversidad (ver Marquet et al 2010). El efecto de las actividades humanas en la zona mediterránea de Chile es de larga data (e.g. Ramírez 2007, Echeverría 2011) lo que ha resultado en que la continuidad de los paisajes de la depresión intermedia de Chile (el área que separa las cordilleras de la Costa y de los Andes) se ha visto seriamente afectada debido a la expansión de los asentamientos humanos y avance de las fronteras ganadera y agrícola (ver Ramírez de Arellano 2006). La situación actual a lo largo de la depresión intermedia de Chile Mediterráneo muestra una predominancia de praderas ganaderas, campos de cultivo y plantaciones de especies introducidas (Lara y Veblen 1993, Neira et al. 2002, Wilson et al. 2005) además de una alta concentración de caminos y centros urbanos. Los escasos remanentes de vegetación nativa tienen una alta probabilidad de ser degradados o de desaparecer debido a actividades humanas (Wilson et al. 2005, Echeverría et al. 2006, 2008) producto del aumento en la densidad poblacional y expansión urbana (Underwood et al. 2009). Los remanentes de hábitats mejor conservados (incluyendo los parques y reservas públicas y privadas) se encuentran en las cimas costeras y en los faldeos andinos, pero la mayor parte de la fauna y flora nativa se encuentra aislada en estos reductos

separados por grandes extensiones de hábitats transformados por usos humanos. Aunando a estos tipos de uso intensivo, vastas extensiones de prácticamente todos los tipos de vegetación del *hotspot*, incluyendo los hábitats alto-andinos, han sido afectados de alguna manera por actividades humanas (e.g. pastoreo, quemas, extracción, actividades de la minería). Paradójicamente, los ecosistemas Mediterráneos son unos de los menos protegidos a nivel nacional, con menos de un 5 % de su superficie en la Red de Areas Protegidas (RAP, Arroyo y Cavieres 1997, Armesto et al. 1998, Marquet et al. 2004, Tognelli et al. 2008).

En el contexto de los antecedentes anteriores y considerando el plan de expansión de las operaciones ligadas a la explotación de la mina a rajo abierto de El Soldado que harán imprescindibles e inevitables las intervenciones progresivas de sectores aledaños a las instalaciones existentes, principalmente por el crecimiento del yacimiento y depósitos de estériles, así como debido a la ejecución de obras y actividades de apoyo propias de la operación, como caminos de servicio, plataformas, sondajes de exploración, entre otros, el Instituto de Ecología y Biodiversidad (IEB) en conjunto con el Centro de Cambio Global de la Pontificia Universidad Católica de Chile proponen apoyar las iniciativas que a continuación se señalan para de ésta manera promover el cumplimiento de los compromisos contraídos por la Empresa en el contexto de la Resolución Ambiental que la afecta, así como asegurar el cumplimiento de los estándares internos relacionados con la protección de los ecosistemas donde desarrolla las actividades extractivas:

- Apoyar el Programa de recuperación y protección de bosques en sitios degradados
- Desarrollo de actividades de investigación científica
- Estudios sobre características de los servicios ambientales

Además de estas acciones, es de nuestro interés realizar experimentos y otras actividades de investigación básica que permitan contribuir al conocimiento de los ecosistemas Mediterráneos y que signifiquen un ejemplo a seguir en relación a la interacción entre la industria y los institutos de investigación en pos de generar información científica básica que vaya en beneficio del conocimiento de la biodiversidad del país.

II. Detalle de las actividades a realizar

Para cada una de las actividades señaladas más abajo se realizará una revisión bibliográfica en conjunto con expertos del IEB y otras instituciones de ser necesario. Esta será compilada en un libro que sienta las bases de lo que se conoce en relación a los aspectos abajo señalados y que identifiquen cuales son los grandes vacíos de conocimiento y cuales son las lecciones que se deben tener en cuenta en relación a la dinámica natural y la restauración del Bosque esclerófilo.

- 1) Apoyar el Programa de recuperación y protección de bosques en sitios degradados

Esta actividad tiene por objetivo apoyar las labores de recuperación y protección de bosques en sitios degradados. Programa se ejecutará en sectores donde se haya perdido bosque por antiguas habilitaciones de terrenos para la agricultura o bien el paisaje está dominado por el espinal que representa un estado sucesional de la situación descrita. Esta intervención permitirá incrementar la superficie de bosque en la cuenca del Estero El Sauce.

Dentro de esta actividad se contempla realizar las siguientes acciones:

- 1.1 Desarrollar una metodología que permita por un lado monitorear el estado del bosque y por otro caracterizar los distintos grados de degradación del mismo.
- 1.2 Evaluar el rol ecológico de la regeneración vegetativa y su potencial para el mejoramiento de la condición del bosque.
- 1.3 Implementar un plan de seguimiento de las actividades de recuperación y protección de bosques en sitios degradados. Para ésto se llevará a cabo las siguientes acciones específicas:
 - Se seleccionarán un número y tamaño de parcelas que permita evaluar de forma eficiente de las distintas condiciones donde se desarrollarán las actividades de recuperación y mejoramiento del bosque (asegurando que exista al menos una en cada unidad de manejo tal como lo establece la resolución ambiental) y considerando una evaluación de los distintos estados de degradación existentes.
 - Una vez seleccionadas las parcelas se medirán los siguientes parámetros:
 - Diámetro a la altura de pecho (DAP).
 - Cuatro radios de copa (norte, sur, este y oeste).
 - Altura total.
 - Condición sanitaria.
 - Número de plántulas: registro de sobrevivencia.
 - Presencia de malezas y determinación de tipos.
 - Caracterización de los nutrientes en el suelo
 - Caracterización del daño foliar asociado a herbívoros.
 - Caracterización de la diversidad y abundancia de las distintas especies.

2) Desarrollo de actividades de investigación científica

Dentro de esta actividad se contempla generar conocimiento científico sobre aspectos básicos de la ecología del bosque nativo esclerófilo de Chile central con la intención de proveer

respaldo científico para acciones de recuperación y manejo sustentable del ecosistema.

En lo particular, y considerando la Resolución Ambiental, se dará prioridad a generar conocimiento sobre la ecología de los bosques nativos esclerófilos de Chile central donde se desarrollan las siguientes especies en categoría de conservación Belloto del Norte, Naranjillo y Guayacán.

Las actividades específicas a realizar incluyen las siguientes:

- Caracterización del medio biótico de los bosques de preservación en la Cordillera El Melón.
- Caracterización del componente edáfico (suelos) del bosque.
- Seguimiento de la evolución de los indicadores de la condición del bosque en las unidades de manejo asociadas al Plan de Recuperación y Mejoramiento del Bosque Nativo.

A continuación se describen las acciones a realizar dentro de cada actividad

2.1 Caracterización del medio biótico de los bosques de preservación en la Cordillera El Melón.

2.1.1 Estudios de la germinación y establecimiento de especies nativas en los bosques con Belloto del Norte, Naranjillo y Guayacán.

Existen relativamente pocos estudios publicados sobre las condiciones que favorecen la germinación y el establecimiento de las especies nativas del Bosque Esclerófilo y matorral chileno. Se sabe por ejemplo que algunas especies son afectadas positivamente por la presencia de otras plantas, especialmente en las zonas más secas (Holmgren et al 2000), mientras otras son afectadas negativamente por el fuego. Otro grupo de especies como el Tevo (*Trevoa trinervis*) y Quilo (*Muehlenbeckia hastulata*) se ven poco afectadas por fuegos de baja intensidad (Holmgren et al 2000). De manera similar, se ha descrito que la sobrevivencia de las plántulas se ve afectada en forma positiva por el hábito foliar, tamaño inicial y principalmente por la capacidad para un rápido crecimiento y maduración de la raíz, tal como ha sido demostrado para el caso de la alcaparra o quebracho *Senna cumingii* (Leon et al. 2011). De manera similar, Becerra et al. (2004) señalan para el caso del belloto del norte (*Beilschmiedia miersii*, Lauraceae), que su germinación se ve potenciada por la existencia de hojarasca. Finalmente se han propuesto, como recomendación general, que tanto el control de especies herbívoras como la simulación de abundantes precipitaciones (e.g. como las asociadas a eventos El Niño) pueden ser indispensables para el establecimiento de las especies del Bosque Esclerófilo y matorral (Holmgren et al. 2001, 2006).

Objetivos de Investigación.

- Caracterizar en terreno las condiciones asociadas con la presencia natural de semillas y plántulas de las distintas especies en una muestra representativa de los bosques con Belloto, Naranjillo y Guayacán presentes en el predio El Soldado.
- Realizar estudios específicos respecto del rol de la calidad del suelo, disponibilidad de agua y luz sobre la germinación y el establecimiento.

2.1.2 Caracterización fisiológica de especies nativas en la mina El Soldado con énfasis en el Belloto, Naranjillo y Guayacán

Todas las especies vegetales utilizan los mismos recursos para vivir; luz, agua, CO₂ y nutrientes minerales. Las diferencias ecológicas entre las especies de plantas terrestres derivan de distintas maneras de obtener el mismo recurso en lugar de por el uso de otros productos alimenticios (Grime 1979). Por lo tanto, las características funcionales de las plantas; tasa de fotosíntesis, calidad y estructura de las hojas y raíces, longevidad foliar, entre otros, determinan en gran medida la composición y abundancia relativa de las especies de los ecosistemas (Westoby et al. 2002). Asimismo, el estudio de las características funcionales de las especies permite entender las condiciones en las cuáles pueden desempeñarse mejor y así generar protocolos de restauración y regeneración.

Objetivos de Investigación.

- Evaluar el espectro de características funcionales de las especies dominantes del ecosistema mediterráneo. Se prestará particular atención a las características foliares; longevidad foliar, asignación de biomasa por unidad de hoja, concentración de clorofila y tasa fotosintética. Algunas de estas variables se medirán en el campo y otras en laboratorio, con el fin de identificar covariables.
- Determinar las diferencias de asignación de recursos en etapas ontogenéticas. Esto con el fin de entender si la asignación de recursos a raíces promueve o impide el establecimiento en diferentes condiciones microambientales.
- Monitoreo de la abundancia relativa de especies con diferentes características funcionales en diferentes parcelas.

2.1.3 Efectos de la extracción de hojarasca

La recolección de hojarasca o "Tierra de hojas" es una actividad económica poco regulada de amplia distribución en la zona Mediterránea de Chile que afecta principalmente al Bosque Esclerófilo (Venegas y Martínez 2000, Gallardo y Venegas 2007) y representa una de las amenazas más recurrentes a la cual se ven enfrentadas gran parte de las especies en la zona

mediterránea (e.g. *Persea lingue*) tal como ha sido demostrado para el caso del Belloto del Norte (*Beilschmiedia miersii*, Lauraceae) por Becerra et al. (2004) cuya germinación se ve potenciada por la existencia de hojarasca.

La hojarasca tiene dos funciones principales en los ecosistemas forestales: en primer lugar, la hojarasca es una parte inherente de los ciclos de nutrientes y carbono, y en segundo lugar, la hojarasca forma una capa protectora sobre la superficie del suelo, que también regula las condiciones microclimáticas (Myster & Pickett 1993).

Objetivo de Investigación:

- Evaluar experimentalmente el efecto de la remoción de hojarasca sobre la dinámica poblacional de las especies del Bosque Esclerófilo. Para esto se seleccionaran 9 parcelas. A cada parcela se le removerá la hojarasca en la mitad de su área y serán monitoreadas por un lapso de tres años en relación a germinación, sobrevivencia y reclutamiento de las distintas especies.
- Evaluar patrones y tasas de descomposición y mineralización y monitorear las condiciones microclimáticas como temperatura y humedad del suelo

2.2 Caracterización del componente edáfico (suelos) del bosque.

Las características físicas del suelo (junto a la topografía y precipitaciones) y en particular la humedad de éste, inciden de manera importante sobre la altura del dosel, biomasa total, productividad y disponibilidad de agua en los bosques secos (e.g., Newton & Tejedor 2011). De la misma manera, las características biológicas de éste en relación con su contenido de nutrientes y procesos asociados (descomposición, nitrificación) y lo que se denomina la trama trófica de decomponedores es fundamental para entender y caracterizar el estado de conservación de los suelos y el estado de los servicios ecosistémicos asociados al ciclaje de nutrientes y creación de suelo. Finalmente, las características del suelo son de gran importancia para entender el funcionamiento de las comunidades de plantas y animals sobre éste (Wardle 2002).

Objetivos de Investigación. Caracterizar las características de los suelos presentes en el predio El soldado, incluyendo aspectos biogeoquímicos, físicos (humedad, profundidad, granulometría) y biológicos (bacterias).

2.3 Seguimiento de la condición del bosque nativo en las áreas de recuperación

La regeneración de la flora nativa en diversos ecosistemas mediterráneos está generalmente limitada por el bajo reclutamiento de semillas y la baja supervivencia de plántulas y juveniles. Los extensos veranos secos, así como la presencia de herbívoros han sido identificados como las principales causas de mortalidad (Herrera et al. 1994, Holmgren 2000, Jordano et al. 2001). Es indispensable, por lo tanto, tener un seguimiento cuidadoso de las condiciones que favorecen o limitan el establecimiento (supervivencia de plántulas y cambio de estadio ontogenético) de diferentes especies nativas.

La regeneración debe considerar, asimismo, que las condiciones en las que se intenta plantar los individuos de diferentes edades varían dependiendo del uso que se le ha hecho al suelo, así como la intensidad que han tenido estas actividades. El fuego, por ejemplo, puede tener consecuencias muy diferentes en la estructura y condiciones del suelo, en comparación con fuego+siembra, o únicamente tala selectiva (Thirgood 1981). Por lo tanto, es importante, no solamente identificar las condiciones aptas para cada especie, sino las condiciones de los diferentes sitios en los que se llevan a cabo labores de restauración (Castro et al. 2004).

Objetivos de Investigación.

- Colectar y analizar información existente de los intentos de recuperación de bosque nativo; mortalidad y supervivencia de diferentes especies en diferentes condiciones.
- Colectar y analizar información existente sobre el uso y estado general del suelo y condiciones microclimáticas.
- Monitorear y generar curvas de salud de individuos que hayan sido plantados en diferentes sitios a recuperar.

3) Finalmente se incluye una actividad adicional tendiente a apoyar la gestión ambiental del El Soldado en relación a sus propios estándares ambientales tal como se señala en el Biodiversity Action plan.

3.1. Estudios sobre características de los servicios ambientales

Actualmente se reconoce que las estrategias de conservación deben enfatizar no sólo los componentes de la biodiversidad (i.e., individuos, poblaciones, especies) sino que además las funciones que

Figura 3. Relación entre los servicios ecosistémicos y el bienestar humano (tomado de Millenium Ecosystem Assessment 2005)



éstos realizan dentro de los ecosistemas (e.g. Armsworth et al. 2007). Estas funciones, cuando se consideran en relación al hombre se transforman en servicios que los ecosistemas proveen para hacer posible la existencia humana (Millenium Ecosystem Assessment 2005). Estos incluyen servicios de apoyo, esenciales para cualquier actividad, servicios asociados a la provisión de alimentos y materias primas, la regulación del clima y el impacto de enfermedades y los servicios denominados culturales. Estos servicios tienen un alto impacto sobre todos los componentes de la calidad de vida de los seres humanos (ver Figura 3), por lo que su persistencia es esencial y debe ser promovida y asegurada. Esto requiere, sin embargo, una aproximación integral que considere al ser humano y sus actividades socio-económicas como parte integral de los ecosistemas a ser estudiados (e.g. Carpenter et al. 2009).

Objetivos de Investigación: Proveer una evaluación de los servicios ecosistémicos asociados al predio del El Soldado y que provienen de los ecosistemas de Bosque Esclerófilo y matorral. En específico se realizará una evaluación de los servicios de captura y almacenamiento de carbono por parte del Bosque Esclerófilo, servicios de polinización y potencial para servicios culturales (recreación y educación). Además se evaluarán y mapearán estos servicios utilizando la plataforma InVEST (Integrated Valuation of Ecosystem Services & Tradeoffs <http://www.naturalcapitalproject.org/InVEST.html>).

4. Otras actividades (*)

Como parte del programa de Investigación aquí propuesto se propone realizar las siguientes actividades:

4.1. Una publicación que resuma el estado del conocimiento respecto de la ecología del bosque nativo esclerófilo y matorral de Chile central y que permita visualizar los vacíos de investigación básica necesarios de llenar para asegurar la conservación y restauración de éstos ecosistemas.

4.2 Seminario taller sobre la ecología, conservación y restauración de bosque esclerófilo y matorral de Chile central.

(*) El financiamiento de estas actividades no está incluido en esta propuesta y se entiende que requieren mayor precisión y discusión con AngloAmerican.

Presupuesto: Formulado como suma alzada en UF.

Actividad	2011	2012
Caracterización del medio biótico	217	266
Caracterización del Bosque nativo	435	459
Caracterización del medio edáfico	290	362
Apoyo programa de recuperación y mantención	435	531
Servicios ambientales	846	1087
Overhead IEB (10%)	222	271
Total	2.445	2.977

Carta Gantt del proyecto para el periodo Octubre 2011-Octubre 2012. Se entiende que las actividades se prolongarán en el tiempo más allá del 2012 por El tiempo que dure el proyecto.

ACTIVIDAD	2011			2012									
	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre
1. Apoyar programa de recuperación y mantención													
1.1 Selección de sitios de monitoreo													
1.2 Monitoreo estacional													
2. Desarrollo de actividades de investigación científica													
2.1 Caracterización del medio biótico													
2.1.1. Estudios de la germinación y establecimiento													
2.1.2 Caracterización fisiológica de especies nativas													
2.1.3 Efectos de la extracción de hojarasca													
2.2 Caracterización del componente edáfico													
2.3 Seguimiento de la condición del bosque nativo													
3. Servicios ambientales													
Elaboración de informes semestrales													

Referencias

- Armesto, J.J., R. Rozzi, C. Smith-Ramírez, and M.T.K. Arroyo (1998). Conservation targets in South American temperate forests. *Science* 282: 1271- 1272.
- Armsworth, P. R., Chan, K. M. A., Daily, G. C., Ehrlich, P. R., Kremen, C., Ricketts, T. H. and Sanjayan, M. A. (2007), Ecosystem-Service Science and the Way Forward for Conservation. *Conservation Biology*, 21: 1383–1384. doi: 10.1111/j.1523-1739.2007.00821.x
- Arroyo, M.T.K. y L. Cavieres (1997). The Mediterranean type-climate flora of central Chile- What do we know and how can we assure its protection? *Noticiero de Biología* 5: 48-56.
- Arroyo, M.T.K., P.A. Marquet, C. Marticorena, J. Simonetti, L. cavieres, F. Squeo y R. Rozzi (2004). Chilean winter rainfall-Valdivian forest. Pp. 99-103 En: R. Mittermeier, P. Robles-Gil, M. Hoffmann, J. Pilgrim, T. Brooks, C. Goettsch- Mittermeier, J. Lamoreaux & G. A.B. Da Fonseca (eds.) *Hotspots revisited*. Cemex, México.
- Arroyo, M.T.K., P. A. Marquet, C. Marticorena, J. Simonetti, L. Cavieres, F. Squeo, R. Rozzi y F. Massardo (2006). El Hotspot chileno, prioridad mundial para la conservación. Pp. 94-99. En: Saball, P., M.K. Arroyo, J.C. Castilla, C. Estades, J.M. Ladrón De Guevara, S. Larraín, C. Moreno, F. Rivas, J. Rovira, A. Sánchez & L. Sierralta (eds), *Biodiversidad de Chile. Patrimonio y desafíos*. Comisión Nacional del Medio Ambiente. Santiago, Chile.
- Becerra, P.I., J.L. Celis-Diez & R.O. Bustamante (2004) Effect of leaf litter and precipitation on germination and seedling survival of the tree *Beilschmiedia miersii*. *Applied Vegetation Science* 7:253-257.
- Castro, J., Zamora, R., Hódar, J.A., Gómez, J.M. and Gómez, L. 2004. Benefits of using shrubs as nurse plants for reforestation in Mediterranean mountains: a 4-year study. *Restoration Ecology* (in press).
- CONAMA (2007) Estudio de la variabilidad climática en Chile para el siglo XXI. Santiago, Chile.
- di Castri, F. (1973). Climatographical comparisons between Chile and the Western Coast of North America. Pp. 21-36. En: Di Castri, F. y Mooney, H.A. (eds). *Mediterranean Type Ecosystems*. Springer Verlag, New York.
- Echeverría C., D.A. Coomes, J. Salas, J.M. Rey-Benayas, A. Lara y A. Newton (2006). Rapid deforestation and fragmentation of Chilean Temperate Forests. *Biological Conservation* 130: 481-494.
- Echeverría, C. D.A. Coomes, M. Halld, A.C. Newton (2008). Spatially explicit models to analyze forest loss and fragmentation between 1976 and 2020 in southern Chile. *Ecological Modelling* 212: 439–449.
- Echeverría, C., R. Fuentes, R. Torres and P. Camus (2011) Historical distribution of the dryland forest in central Chile during the Spanish conquest in the 16th century. Box 2.4. Pp 41-44. En: Newton. A.C. & N. Tejedor (eds) *Principles and Practice of Forest Landscape Restoration* Case studies from the drylands of Latin America. Ublished by IUCN, Gland, Switzerland. (http://www.iucn.org/knowledge/publications_doc/publications/?7698/Principles-and-practice-of-forest-landscape-restoration--case-studies-from-the-drylands-of-Latin-America)

Gallardo, M. & A. Venegas (2007) Extracción de Tierra de Hojas en la Región Metropolitana. La dramática pérdida de los suelos del Bosque Esclerófilo. p. 90 En: Flores D. & M. Díaz (eds) La conservación del Bosque Esclerófilo en el paisaje natural y cultural de Chile central. Actas del Primer Coloquio sobre la Herencia Natural de Chile.

Grime, J.P. (1979) Plant Strategies and Vegetation Processes. Chichester, UK: Wiley. 222 pp.

Herrera, C.M., Jordano, P., López-Soria, L. and Amat, J.A. (1994) Recruitment of a mast-fruited, bird-dispersed tree: bridging frugivore activity and seedling establishment. *Ecological Monographs* 64: 315-344.

Holmgren, M., A. M. Segura & E. R. Fuentes (2000) Limiting mechanisms in the regeneration of the Chilean matorral Experiments on seedling establishment in burned and cleared mesic site. *Plant Ecology* 147: 49–57.

Holmgren, M., M. Scheffer, E. Ezcurra, J. R. Gutiérrez, & G. M. J. Mohren (2001) El Niño effects on the dynamics of terrestrial ecosystems. *Trends in Ecology and Evolution* 16:89-94.

Holmgren M., P. Stapp, C. R. Dickman, C. Gracia, S. Graham, J. R. Gutiérrez, C. Hice, F. Jaksic, D. A. Kelt, M. Letnic, M. Lima, B. C. López, P. L. Meserve, W. B. Milstead, G. A. Polis, M. A. Previtali, M. Richter, S. Sabaté, and F. A. Squeo (2006). Extreme climatic events shape arid and semiarid ecosystems. *Frontiers in Ecology and the Environment* 4:87-95.

Jordano, P., Zamora, R., Marañón, T. and Arroyo, J. 2001. Ecological and demographic research in Mediterranean forests of Southern Spain: Applications to conservation and restoration. pages 377-381, In: Radoglou (Editor) Forest Research: A Challenge for An Integrated European Approach, Vol. 1. NAGREF - Forest Research Institute, Thessaloniki, Greece.

Lara, A., y T. Veblen (1993). Forest plantations in Chile: a successful model?. Pp. 118–139. En: Mather, A. (Ed.), Afforestation. Policies, Planning and Progress. Belhaven Press, Great Britain.

León, M.F., F.A. Squeo, J.R. Gutierrez & M. Holmgren (2011) Rapid root extension during water pulses enhances establishment of shrub seedlings in the Atacama Desert. *Journal of Vegetation Science* 22: 120-129. DOI: 10.1111/j.1654-1103.2010.01224.x

Marquet P.A., M.F. Tognelli, I. Barria, M. Escobar, C. Garin y P. Soublette (2004). How well are Mediterranean ecosystems protected in Chile? Insights from gaps in the conservation of Chilean vertebrates. Proceedings of the 10th MEDECOS Conference, Rhodes/Greece. April 2004, Arianoutsou and Papanastais (eds).

Marquet P.A. et al (2010) Estudio de vulnerabilidad de la biodiversidad terrestre en la eco-región mediterránea, a nivel de ecosistemas y especies, y medidas de adaptación frente a escenarios de cambio climático. CONAMA Santiago.

Millennium Ecosystem Assessment (2005) *Ecosystems and human well-being: desertification synthesis*.

World Resources Institute, Washington, D.C., USA.

Myers N., R.A. Mittermeier, C.G. Mittermeier, G.A.B. da Fonseca y J. Kent (2000). Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature* 403:853–858.

Myster, R.W. & S. T. A. Pickett (1993). Effects of litter, distance, density and vegetation patch type on postdispersal tree seed predation in old fields. *Oikos* 66: 381–388.

Neira, E., H. Verscheure y C. Revengan (2002). Chiles Frontier Forests: Conserving a Global Treasure. World Resources Institute, Comité Nacional Pro Defensa de la Fauna y Flora, University Austral of Chile.

Newton, A.C. & N. Tejedor (eds) (2011) Principles and Practice of Forest Landscape Restoration Case studies from the drylands of Latin America. Published by IUCN, Gland, Switzerland.
(http://www.iucn.org/knowledge/publications_doc/publications/?7698/Principles-and-practice-of-forest-landscape-restoration--case-studies-from-the-drylands-of-Latin-America)

Ramírez, F. (2007) Un Aporte de la Historia Ecológica sobre el Deterioro de los Bosques de Chile Central. Pp. 38-45 En: Flores D. & M. Díaz (eds) La conservación del Bosque Esclerófilo en el paisaje natural y cultural de Chile central. Actas del Primer Coloquio sobre la Herencia Natural de Chile.

Ramírez de Arellano, P. (2006). Planificación sistemática para la conservación de la Ecoregión del Matorral Chileno: Definición de sitios prioritarios y estrategias para su validación y conservación. The Nature Conservancy.

Thirgood, J.V. 1981. Man and the Mediterranean Forest. Academic Press, London. 194 pages.

Tognelli MF, Ramírez de Arellano PI y PA Marquet (2008). How well do the existing and proposed reserve networks represent vertebrate species in Chile? *Diversity and Distributions* 14: 148-158.

Underwood, E.C., J.H. Viers, K.R. Klausmeyer, R.L. Cox y M.R. Shaw (2009). Threats and biodiversity in the mediterranean biome. *Diversity and Distributions* 15: 188-197.

Venegas A. & Martínez E. (2000). Extracción de tierra de hoja proveniente del tipo forestal esclerófilo en la Región Metropolitana. *Boletín* Nº 14. Sociedad chilena de la ciencia del suelo.

Vitousek, P.M., H. A. Mooney, J. Lubchenco y J. M. Melillo (1997). Human Domination of Earth's Ecosystems. *Science* 277: 494-499

Westoby, M., Falster, D.S., Moles, A.T., Vesk, P.A. & Wright, I.J. 2002. Plant ecological strategies: some leading dimensions of variation between species. *Annu. Rev. Ecol. Syst.* 33: 12

Wilson, K, A. Newton, C. Echeverría, C. Weston and M. Burgman (2005). A vulnerability analysis of the temperate forests of south central Chile. *Biological Conservation* 122: 9–21.