

# CONVENIO ANGLO AMERICAN-INSTITUTO DE ECOLOGÍA Y BIODIVERSIDAD

## PRIMER INFORME



El 02 de Enero de 2012 se firma el convenio de colaboración entre AngloAmerican y el Instituto de Ecología y Biodiversidad (IEB) para apoyar el programa de recuperación y protección ambiental así como desarrollar actividades de investigación sobre los ecosistemas Mediterráneos.

Durante el 2012, el IEB llevo a cabo un serie de actividades (resumidas en la Tablas 1, 2 y 3) entre las cuales sobresalen:

- 1) Apoyar la planificación, producción y organización del “I International Workshop on Conservation and restoration of Mediterranean Ecosystems and the case of Cordillera de El Melón in central Chile.” (ver programa en Anexo 1).

Este Taller se llevo a cabo entre los días 14 al 18 de Mayo y tuvo como invitados a investigadores del IEB y a destacados científicos de California (Dra. Rebecca Shaw), Australia (Dr. Erik Veneklaas) y SudAfrica (M.Sc. Mike Jennigs). Este taller sentó las bases para elaborar una política de restauración para la mina El Soldado y permitió generar conciencia sobre las actividades que desarrolla Anglo American en torno a la protección y recuperación de los ecosistemas Mediterráneos y su importancia. El éxito de esta iniciativa ha derivado en el interés por realizar un segundo taller en el futuro cercano.

- 2) Apoyo a los planes de manejo forestal. En el marco de esta actividad se ha llevado a cabo una recopilación bibliográfica sobre las acciones de restauración en Chile y ecosistemas mediterráneos del mundo, se han evaluado en terreno las actividades actualmente en curso y se han generado recomendaciones para su mejoramiento. (ver Anexo 2)

- 3) Plan de restauración de la Mina el Soldado

Se han realizado reuniones de trabajo para avanzar en la generación de un plan de restauración para la mina El Soldado en conjunto con los representantes de la empresa. Actualmente el IEB se encuentra trabajando en el primer borrador de dicho plan (ver tabla de contenidos en Anexo 3)

- 4) Otras actividades.

Personal del IEB ha acompañado a los representantes de la Empresa a reuniones con el CONAF asistiendo en la presentación del estado de avance de los planes de manejo forestal y en las conversaciones para su mejora. Asimismo hemos evaluado los informes emanados a raíz del derrumbe en la Quebrada del Gallo y hemos asistido a varias reuniones con personal de la Empresa y con el bufete de abogados que la representa, actuando como testigos expertos.

**INFORME DE ACTIVIDADES  
CONVENIO IEB-EL SOLDADO  
2012**

Tabla 1. Actividades de coordinación y gestión

Fecha de Actividad	Detalle Actividad
17 de Abril Reunión en la faena minera "El Soldado"	Charla de Inducción
Workshop Internacional 10 de Mayo en Quillota	Invitación de los asistentes al Workshop proveniente de importantes Universidades del mundo y Coordinación de los temas a tratar en el Workshop
28 de Mayo Reunión de trabajo en la faena minera "El Soldado"	Recorrido de la Quebrada "El Sauce" y algunas de las faenas que se están desarrollando de reforestación por parte de la empresa in situ, además de otras desarrolladas en el pasado
5 de Junio Toma de exámenes ACHS	Toma de exámenes pre-ocupacionales para las personas que harán los trabajo en terreno
7 de Junio Toma de exámenes ACHS	Toma de examen psico-sensométrico
19 de Junio Reunión en la faena minera "El Soldado"	Reunión con gerente de Prevención de Riesgo Sr. Manuel González para coordinar y conocer los trámites de acreditación y acceso para entrar a trabajar en la mina (SAAC – El Soldado), procesos de ingreso Toma de Exámen de Alcohol y Drogas
20 de Junio Reunión en ACHILLES	Reunión con Cristián Ibarra para chequear los papeles de acreditación y constatar la no existencia del IEB como empresa que presta servicios a Angloamerican, lo que hace imposible la acreditación a la fecha.
10 de Julio Reunión en la faena minera "El Soldado"	Curso "Conducción Preventiva" y Curso Reglamento Tránsito Rajo
Julio	Se plantea al Sr. Gerardo Guzman y Sra. Lorena Monares la necesidad de crear en Web control como empresa al IEB (Instituto de Ecología y Biodiversidad) para así proceder a la acreditación del personal del Instituto, nunca obtuvimos respuesta de ellos
Agosto	Se toma contacto con diversas personas de Angloamerican (Sr. Gerardo Guzman, Lorena Monares y Wladimir Valencia), para que se visen los contratos de honorarios y sean aceptados en ACHILLES para la acreditación
4 de Septiembre ACHILLES	Son recepcionados los documentos en ACHILLES para poder ser acreditados en una semana más
12 de Septiembre Gestión de Terreno	Se plantea al Sr. Gerardo Guzmán que estamos finalmente acreditados y que queremos ver la posibilidad de ir a terreno el viernes 14 de Septiembre, solicitud que es denegada
24 de Septiembre Gestión de Terreno	Se plantea al Sr. Gerardo Guzmán queremos que queremos ver la posibilidad ir a terreno el Jueves 27 de Septiembre, solicitud que es denegada, ya que plantea la necesidad de hacer una reunión de coordinación de actividades
10 de Octubre	Se le envía vía correo electrónico al Sr. Gerardo Guzmán un

	archivo con las actividades a desarrollar en terreno dentro de la faena "El Soldado" y otro con la carta Gantt de las mismas
7 de Noviembre Reunión en sede corporativa de Angloamerican	Discusión del plan de trabajo y actividades que se plantean para llevar a cabo en conformidad el convenio entre IEB-Angloamerican, con el Sr. Gerardo Guzmán, él pone énfasis en la importancia de realizar actividades de investigación en los bosques relictos de Belloto del Norte, Guayacán y el bosque esclerófilo.
15 de Noviembre	Se plantea una reunión de trabajo vía email con el Sr. Gerardo Guzmán para hablar los puntos de la reunión del 7 de Noviembre, y se fija para el 19 de Noviembre, la cual no es llevada a cabo por él presentar licencia médica por dos semanas y que hable con Lorena Monares
18 de Noviembre	Se le explica vía email a la Sra. Lorena Monares lo hablado en la reunión del 7 de Noviembre con el Sr. Gerardo Guzmán y además se le hace ver que algunas de las investigaciones que proponen no se encuentran contenidas en el convenio IEB-Angloamerican por lo que habría que hacer otro convenio para llevarlas a cabo.

Tabla 2. Actividades de Asesoramiento a Plan de Manejo Forestal

Fecha de Actividad	Detalle
Mayo - Diciembre	Trabajo de gabinete, recopilando en las más prestigiadas revistas científicas especializadas la bibliografía adecuada para elaborar el plan de restauración y apoyar el plan de manejo, además de todos los trabajos que se encuentren de la zona de estudio (Cordillera El Melón)
1 de Agosto Reunión de Trabajo Universidad Católica	Se trabajo en los conceptos y criterios para escoger las especies con las cuales reforestar y el ecosistema objetivo, preparación de terreno y casillas, tipo de riego, diseño de la plantación (en fajas, enriquecimiento del bosque, protección de la plántula, etc.), tasa esperada de pérdida de individuos
26 de Septiembre Informe	Se plantea la necesidad de hacer una propuesta para modificar los planes de manejo y caracterizar los ecosistemas presentes en la faena minera, para dar el primer paso hacia un proceso de restauración de los bosques degradados al interior de la faena “El Soldado”
6 de Diciembre Informe	Apoyo a la presentación de la “Reestructuración de los Planes de Manejo Forestal para el mejoramiento y conservación de los Bosques de El Soldado”, mediante un informe de caracterización de los ecosistemas mediterráneos presentes en la faena y perspectivas futuras de estos ecosistemas, se plantean ecosistemas objetivos

Tabla 3. Preparación de plan de Restauración

Fecha de Actividad	Detalle
Mayo - Diciembre	Trabajo de gabinete, recopilando en las más prestigiadas revistas científicas especializadas la bibliografía adecuada para elaborar el plan de restauración y apoyo del plan de manejo, además de todos los trabajos que se encuentren de la zona de estudio (Cordillera El Melón)
10 de Mayo Workshop Internacional en Quillota	Workshop Internacional de Restauración, en Quillota. Análisis de la información existente y debate sobre el modelo a restaurar para la faena minera de “El Soldado”
29 de Mayo	Se crea una metodología para poder aplicar en terreno en base a lo recorrido en la faena de “El Soldado” en la salida del 28 de Mayo, la que incluye el reconocimiento de las distintas formaciones en terreno, según exposición y composición de especies, y la metodología de toma de muestras de suelos
14 de Septiembre Reunión de trabajo Universidad Católica	Se plantea la falta de datos de terreno dentro del equipo del IEB y la imposibilidad de poder entrar a la mina, por lo que se plantea la necesidad de recolectar datos de trabajos publicados en la zona para ir haciendo la caracterización de los distintos ecosistemas presentes en la zona de estudio
24 de Octubre Reunión en la Universidad Católica	Se exponen las distintas formas de restauración que existen, ejemplos de estas en el mundo, el marco legal en el que están insertas estas iniciativas y cómo podrían implementarse en la faena minera de “El Soldado”. Además se muestra la posible estructura que va a tener la Publicación asociada con el Plan de Restauración del El Soldado
6 de Diciembre Informe IEB	Mediante un informe de caracterización de los ecosistemas mediterráneos presentes en la faena y perspectivas futuras de estos ecosistemas, se plantean ecosistemas objetivos

## **Anexo 1. Programa Taller Internacional**

## **International Workshop Conservation and restoration in Mediterranean ecosystems and the case of Cordillera de El Melón in central Chile.**

**Venue:** Quillota, May 14-18, 2012

### **Organizers**

Dr. Pablo A. Marquet

Dr. Juan Armesto

Dr. Aurora Gaxiola

Dr.(c) José Luis Galaz

Mediterranean ecosystems are unique. They are found in only 2% of the world and yet contain 20% of all known plant species, a large fraction of which are endemic to these areas. Mediterranean ecosystems provide services that have sustained a large human population for millennia. In Chile around 7 Million people currently live in this ecosystem type, and this increases to over 300 Million when we consider the five major Mediterranean regions (California, South Africa, Australia, the Mediterranean Basin and Chile). Mediterranean ecosystems are seriously threatened as a consequence of burgeoning human impacts (population size and urban areas have increased 12% in average between 1990-2000), which is coupled to a low degree of protection (in Chile less than 2% of the area covered by Mediterranean ecosystems falls within a Protected Area) and degradation (in Chile less than 30% of the original vegetation remains). The future does not look promising either, as the Mediterranean biome is estimated to experience its greatest proportional change in biodiversity by 2100 owing to its sensitivity to climate and land use change.

How can we improve the conservation of Mediterranean ecosystems? And more importantly, How do we make sure that humans will continue enjoying the amount and quality of services that Mediterranean ecosystems provide? While these are complex questions that may take us a long time to answer satisfactorily, if ever, this should not stop us from taking action using simple principles. In a world where the rate of habitat destruction and degradation is high it is necessary to increase the rate of habitat creation. In this context restoration of degraded ecosystems is an imperative in Mediterranean areas worldwide.

Restoration of degraded ecosystems is a rare endeavor in Chile, however it is becoming increasingly common. One of the largest efforts is currently being carried out by Anglo American Chile at La Cordillera de El Melón in Central Chile, a site that is unique in terms of its biodiversity and represent one of the few remaining tracts of continuous habitat within Mediterranean Chile. In this workshop we aim to discuss current restoration efforts in Mediterranean ecosystems worldwide, exchange experiences about problems and innovative solutions while carrying out restoration efforts. As well as to identify key pieces of scientific information and actions needed in order to support and sustain restoration efforts in the long term.

Program



### **Monday May 14**

08:00-10:00 International participants arrive to Santiago

13:00-15:00 Free

15:00- 20:00 Free afternoon

20:00 Dinner

### **Tuesday May 15**

8:00- 18:00 Field trip the Cordillera de El Melón: Natural vegetation.

18:00 return to Hotel in Santiago

20:00 Dinner

### **Wednesday May 16**

8:00- 18:00 Field trip the Cordillera del Melón area: Restoration efforts

18:00 Return to Hotel in Santiago

20:00 Dinner

### **Thursday May 17**

7:00 Trip to Quillota (see: <http://en.wikipedia.org/wiki/Quillota>)

8:30-9:00 Accreditation

#### *Opening ceremony*

9:00- 9:20 Welcoming remarks TBA

9:20-9:40 Welcoming remarks **Mr. Roberto Martínez**, CEO El Soldado Division, Anglo American.

9:40-10:00 Welcoming remarks by **Dr. Mary T. Kalin Arroyo**, Instituto de Ecología y Biodiversidad (IEB) & Departamento de Biología, Universidad de Chile.

*Past and future environmental changes in Chilean Mediterranean ecosystems*

10:00 – 10:30 History, ecology and Biogeography of Mediterranean ecosystems in Chile.  
**Dr. Juan J. Armesto** (Instituto de Ecología y Biodiversidad (IEB) & Departamento de Ecología, Pontificia Universidad Católica de Chile)

10:30-11:00 Coffee Break

11:00 – 11:30 Mediterranean ecosystems in Chile: Conservation threats and challenges in the context of Global Change. **Dr. Pablo A. Marquet** (Instituto de Ecología y Biodiversidad (IEB) & Departamento de Ecología, Pontificia Universidad Católica de Chile)

11:30- 12:00 Cordillera del Melón: a priority site for the conservation of Chilean Mediterranean ecosystems. Dr. (c) **José Luis Galaz**. El Soldado, Anglo American

*Restoration of Mediterranean and semi arid ecosystems*

12:00 – 12:30 Ecosystem restoration in Chile: Status, challenges and opportunities. **Dr. Marcela Bustamante** (Instituto de Ecología y Biodiversidad (IEB) & Universidad de Concepción, Chile)

12:30-14:30 Lunch

14:30- 15:00 Restoration and ecosystem services in the Mediterranean region of California. **Dr. Rebecca Shaw** (Stanford University and Associate Vice President Environmental Defense Fund, USA)

15:00- 15:30 Restoration of Ecosystems in South Africa: the Thicket restoration Project. **M. Sc. Michael Jennings**. C4 Ecosolutions, Cape Town, South Africa.

15:30- 16:00 Coffe break

16:00- 16:30 Ecosystem restoration in Australia: An ecophysiological approach. **Dr. Erik Veneklaas** (School of Plant Biology, The University of Western Australia, Australia)

16:30 – 17:00 An ecosystem functional approach to restoration in Chilean semiarid ecosystems. **Dr. Aurora Gaxiola** (Instituto de Ecología y Biodiversidad IEB, Chile)

17:00 Return trip to Santiago

19:30 Dinner

### **Friday May 18**

7:00 Trip to Quillota

- 9:00- 9:30 The history of ecosystem degradation: Past human impacts in the Cordillera del Melón area. **Mr. Álvaro Canales** (Senior Environmental Advisor Anglo American Chile, Division El Soldado).
- 9:30- 10:00 Present human impacts in the Cordillera del Melón area.  
**Dr. Horacio Gilabert** (Departamento de Ecosistemas y Medio Ambiente, Pontificia Universidad Católica de Chile, Chile)
- 10:00-10:30 Biodiversity strategy and AEW El Soldado Anglo American. **Mrs. Marcela Angulo** (Anglo American Chile)
- 10:30- 11:00 Coffe break
- 11:00- 11:30 Germination, recruitment and the nursery of plant species from Cordillera El Melón. **Sra. Viviana Díaz** (Anglo American Chile, Division El Soldado)
- 11:30 – 12:00 El Soldado Biodiversity conservation plan. **Sra. Lorena Monares** (Anglo American Chile, Division El Soldado)
- 12:00 – 14:00 Lunch
- 14:00 – 15:30 Round Table: Restoration in Mediterranean ecosystems: lessons learnt and future challenges (Moderator: **Sr. José Luis Galaz**)
- 15:30 - 16:00 Conclusions and Final remarks (**Dr. Pablo Marquet , Mr. Roberto Martínez El Soldado & Mr. Pablo Mira CONAF**)
- Closing activity: handcrafts and products by local entrepreneurs
- 17:00 Return to Santiago
- 19:00 Closing Dinner

## **ANEXO 2. Informe bibliográfico para apoyar las actividades de restauración.**

## **Caracterización de las comunidades vegetales en el área del Soldado y recomendaciones para la restauración**

Las comunidades de los ecosistemas mediterráneos se caracterizan por tener veranos secos y calurosos, e inviernos fríos y lluviosos (Di Castri & Hajek 1976), sin embargo debido a la variada topografía en las que estos ecosistemas existen (cordillera de los Andes, cordillera de la Costa y depresión intermedia), las condiciones climáticas no parecen ser el único factor que condicione a las distintas asociaciones de especies que se encuentran en este ecosistema, si no que además están determinadas por el tipo de exposición y a la cantidad de radiación que reciben según ésta (Del Pozo 1989), los mayores contrastes se observan entre laderas de exposición polar (sur) versus laderas con exposición ecuatorial (norte) (Armesto & Martínez 1978), por lo que las laderas ecuatoriales han sido descritas como microambientes muy xéricos, en contraste con las laderas de exposición polar que presentan ambientes más méxicos.

En adelante trataremos de caracterizar las distintas comunidades que se encuentran en estos ecosistemas, en función de la composición de especies para las distintas exposiciones, veremos además cómo cambian estas especies y cuáles son los mecanismos sucesionales que operan en estos ecosistemas.

### ***Comunidades en función de la exposición***

Las exposiciones que reciben mayor radiación solar son las que llamaremos ecuatoriales (Fig. 1a), dada esta característica, estas laderas presentan ambientes más xéricos y por ende las especies que componen estas comunidades están adaptadas a estas condiciones, donde la riqueza de especies disminuye (Badano et al. 2005), encontrándose un mayor número de especies herbáceas que arbustivas o arbóreas (Armesto 1977), las especies arbustivas o arbóreas que habitan en estas laderas tienden a ser deciduas (Armesto & Martínez 1978), ya que así evitan gastos de energías innecesarios, la cobertura vegetal en promedio del suelo no sobrepasa el 75%. Estas laderas son las más susceptibles de ser erosionadas por el hombre, ya que las especies que habitan en ellas no están preparadas para perturbaciones tan severas, como es el caso de incendios (Armesto et al. 1995) y sólo algunas especies como el caso de *Trevoa trinervis* aprovechan estas perturbaciones para formar un matorral denso y espinoso que generalmente no deja que otras especies arbóreas o arbustivas colonicen la zona perturbada, por ello la presencia de *Trevoa trinervis* se podría ocupar como indicadora de perturbaciones y el tamaño del matorral nos podría indicar además que tan grande fue está. En cambio para perturbaciones que son producidas por la agricultura o para crear zonas de pastoreo, la especie que predomina en estos caso es *Acacia caven*, que con el tiempo, a través de la sucesión pueden llegar otras especies, esto depende de la presencia de ganado que impida los rebrotes y el reclutamiento de individuos Hay zonas en que las perturbaciones han sido frecuentes en el tiempo, ello ha ocasionado que en estas laderas hoy en día estén presentes especies de carácter más xérico y que provienen del norte de las zonas más áridas.

Las especies más frecuentes que se encuentran en estas laderas son *Flourensia thurifera*, *Lithraea caustica*, *Trevoa trinervis*, *Puya chilensis*, *Baccharis spp*, *Quillaja saponaria*, *Proustia baccharoides*, *Trichocereus chilensis*, *Acacia caven*, *Lobelia salicifolia*. La especie con mayor importancia dependerá de la frecuencia de disturbios o de la presencia o ausencia de herbívoros que se alimenten de los propágulos nuevos que llegan a los sitios a colonizar, como se describió antes.

Las laderas que tienen exposición polar o sur (Fig. 1c) por el contrario de las ecuatoriales poseen una menor radiación y el ambiente en que se encuentran ya no es xérico, hay mayor humedad, por lo que la vegetación cambia de estratos más herbáceos y arbustivos hacia vegetación arbórea (Iriarte et al. 1992), un 85% de la cubierta de esta ladera está compuesta por árboles y arbustos versus un 17% de la ladera norte (Armesto 1977). Estas laderas presentan una mayor biomasa y estratificación vertical al formarse en ellos verdaderos bosques que poseen porcentajes de similitud cercanos con las laderas Este y Oeste (Armesto & Martínez 1978). En este tipo de laderas las especies que habitan son las siguientes *Azara celestrina*, *Chusquea cumingii*, *Schinus latifolius*, *Lithraea caustica*, *Cestrum parqui*, *Luma chequen*, *Cryptocaria alba* y *Peumus boldus*, entre otras, siendo estas dos últimas las más importantes (Armesto & Martínez 1978, Iriarte et al. 1992). Estas laderas son dominadas por las especies siempreverdes de bosques esclerófilos que al parecer están bien adaptadas a la condiciones locales (Armesto 1977; Pérez & Villagrán 1985). Lamentablemente, estas laderas han sido perturbadas por el hombre para obtener de ellas distintos bienes, como madera o saponina, por lo que ciertas especies sufrieron mayor degradación que otras, como *Quillaja saponaria*.

Una tercera situación que puede encontrarse en las comunidades mediterráneas, es la que corresponde a bosques relictos de la era del Pleistoceno (Pérez & Villagrán 1985), los cuales sobreviven en estos días por la presencia de neblina costera que incluso ingresa hacia el interior de la Cordillera del Melón hacia la zona de el “Soldado”, además de algunos cursos de agua permanentes durante el año como el de la quebrada “El Gallo” (Iriarte et al. 1992). Estos bosques tienden a encontrarse en tres diferentes asociaciones: las cumbres de algunos cerros, laderas de bosque puro de Olivillo asociados a bosques esclerófilos, así como fondos de quebradas (Pérez & Villagrán 1985). Para el caso de esta descripción nos fijaremos en los bosques de fondos de quebradas que presentan características de higrófilos con especies siempreverdes propias de los bosques valdivianos y que incluso alcanzan áreas basales cercanas a las de esos tipos de bosques (Iriarte et al. 1992). Estos bosques cobran gran importancia de conservación debido a su condición de relictos, ya que en ellos se pueden encontrar poblaciones con distribución más ecuatorial, como por ejemplo: *Beilschmiedia miersii* (en peligro de extinción), *Aextoxicon punctatum*, *Drimys winterii* y *Persea lingue*, especie que se encuentra restringida a pequeñas áreas dentro de los ecosistemas mediterráneos y que está constantemente sometida a presión antrópica, ya sea por el cambio de uso de los suelos o por los posibles escenarios de cambio global, es por ello que no sería raro que hubiese un recambio de estas especies por otras mejor adaptadas, como son las especies esclerófilas de Chile central (Pérez & Villagrán 1985)

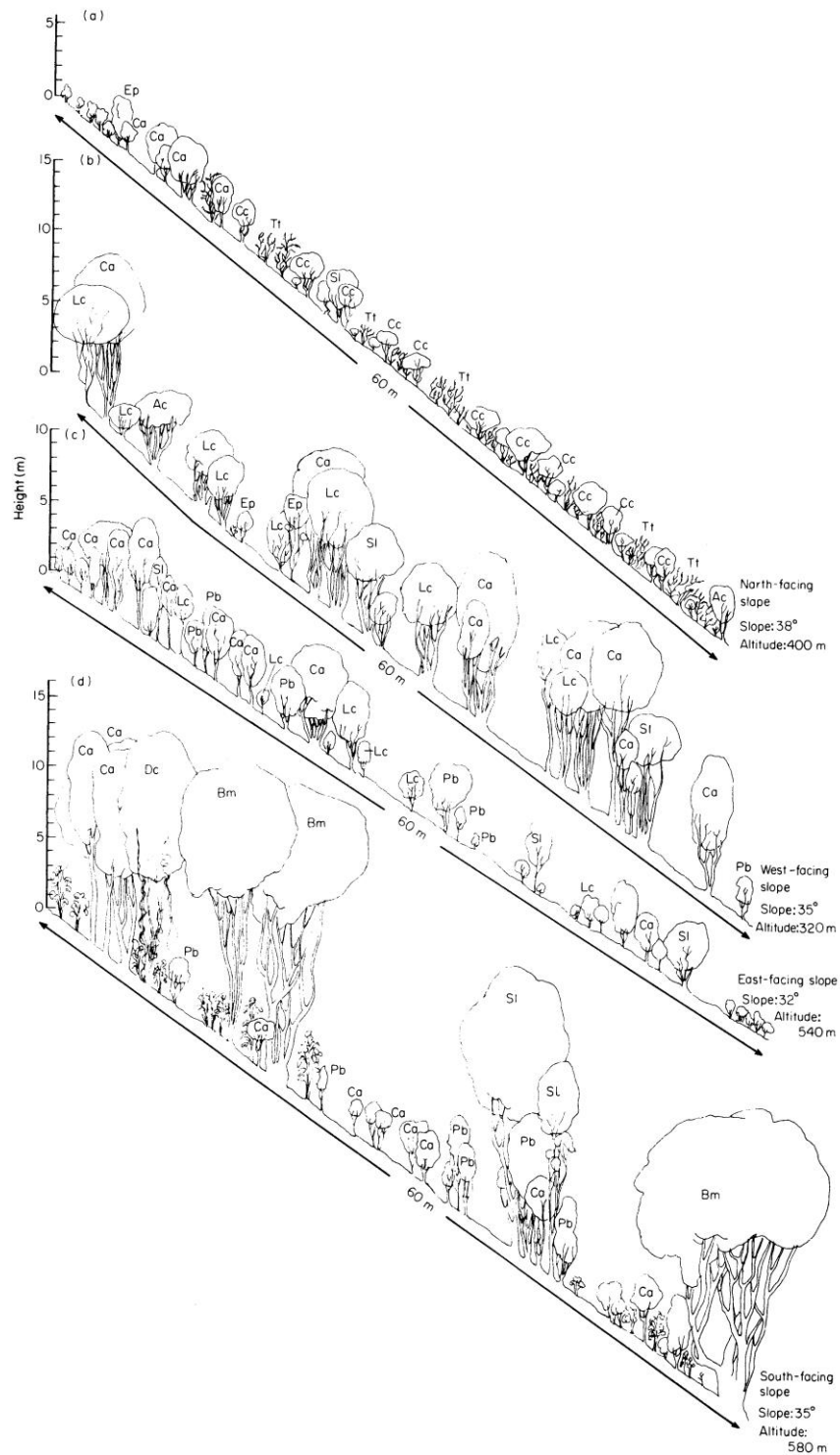


Fig. 1. Perfiles vegetacionales de 4 pendientes en Chile central. (a) ladera norte, (b) ladera oeste, (c) ladera este, (d) ladera sur. Ep, *Escallonia pulverulenta*; Ca, *Cryptocaria alba*; Cc, *Cassia closiana*; Tt, *Trevoa trinervis*; Sl, *Schinus latifolius*; Lc, *Lithraea caustica*; Pb, *Peumus boldus*; Ac, *Azara celastrina*; De, *Dasyphyllum excelsum*; Bm, *Beilschmiedia miersii* (Armesto & Martínez 1978).

**Comunidades en función del estado sucesional**

Sucesión, se refiere a las distintas etapas por las que pueden atravesar las poblaciones y que permiten el reemplazo de ellas a lo largo del tiempo de forma probabilística y en las que operan ciertos mecanismos que permiten o no este reemplazo en el tiempo y espacio, se han descrito 3 pasos que siguen las sucesiones naturales:

1. Sucesión temprana, las que está dominada por las especies pioneras que son las que invaden y preparan el sitio para la llegada de un segundo grupo de especies.
2. Las especies pioneras acaparan los recursos e impiden el ingreso de nuevas especies hasta que completan su ciclo de vida y mueren, liberando recursos y espacio para que entren nuevas especies (tardías).
3. Ambas especies (pioneras y tardías) conviven y los cambios que siguen están dados por las tasas de crecimiento y de historia de vida de las especies

En estas tres etapas actúan mecanismos de facilitación, inhibición y tolerancia de especies, que pueden operar simultáneamente o en distintos tiempos. La sucesión comienza generalmente con algún evento de perturbación, que puede llegar a formar distintos tipos de comunidades, según los factores ambientales que puedan operar en el momento (Armesto & Pickett 1985).

Los modelos de sucesión de zonas mediterráneas del mundo no aplican para el caso de Chile, puesto que en ellas el rol del fuego juega un papel fundamental y las especies se encuentran adaptadas para este tipo de disturbio. En el caso de Chile no hay incendios de forma natural, aunque hay algunos trabajos que dan cuenta de la capacidad de especies nativas de regenerar a partir de incendios de mediana a baja intensidad (Figuerola et al. 2009; Gómez-González et al. 2008).

Para las comunidades mediterráneas de Chile, los eventos de perturbación son ocasionados por el hombre a través de la habilitación de tierras para la agricultura o ganado, o para la obtención de madera (Gajardo 1981; Donoso 1982), por lo que los incendios en estas zonas son debido a la acción antrópica, por ello las especies en Chile no dependen de incendios para iniciar la sucesión y los disturbios en el pasado que podrían haber activado están dados por las características propias del ciclo de vida de las especies, así como la topografía (tipo de exposición) en las que se encuentran las especies. Es por ello, que han desaparecido o disminuido muchas especies, lo que ha alterado las características del suelo, provocando que sólo se regeneren aquellas especies que rebrotan vigorosamente de los tocones o raíces, entre las que destaca el Espino, formando los denominados espinales con un sotobosque constituido por especies herbáceas (Donoso 1981).

Tabla 1. Árboles y arbustos asociados con distintas etapas de sucesión y modos de dispersión (modificado de Armesto & Pickett 1985).



Especie	Agente dispersor
Pioneras	
<i>Acacia caven</i>	Ganado
<i>Gutierrezia paniculata</i>	Viento
<i>Bacharis spp</i>	Viento
<i>Trevoa trinervis</i>	Viento?
Sucesión intermedia	
<i>Muehlenbeckia hastulata</i>	Aves
<i>Lithraea caustica</i>	Aves y mamíferos
Sucesión Tardía	
<i>Quillaja saponaria</i>	Viento
<i>Maytenus boaria</i>	Aves
<i>Peumus boldus</i>	Aves
<i>Schinus latifolius</i>	Aves
<i>Cryptocarya alba</i>	Aves
<i>Myrceugenia chequen</i>	Aves
<i>Myrceugenia obtusa</i>	Aves
<i>Beilschmiedia miersii</i>	Mamíferos
<i>Citronella mucronata</i>	Aves

En Chile, las especies llamadas pioneras que preparan el terreno pueden ser cuatro: *Trevoa trinervis*, *Acacia caven*, *Gutierrezia paniculata* y *Bacharis spp*, mientras que las especies que están en los estados sucesionales tardíos son por ejemplo *Quillaja saponaria* y *Maytenus boaria* entre otras, mientras que hay algunas especies que actúan en estados intermedios y que al parecer cumplen el rol de facilitadoras para la llegada de nuevas especies, son: *Lithraea caustica* y *Muehlenbeckia hastulata*, las especies se encuentran con su respectivo agente dispersor en la Tabla 1. El modelo propuesto por Armesto & Pickett 1985, predice que ante algún evento de perturbación que cree claros de vegetación en estas comunidades, las primeras en colonizar serán las especies pioneras, que ante la ausencia de ganado podrán seguir su sucesión natural, de lo contrario en la comunidad seguirán perpetuándose las especies pioneras (especialmente *Acacia caven*), luego llegaran las especies facilitadoras que permitirán el establecimiento de otras especies, el paso hacia un estado sucesional tardío dependerá de las condiciones ambientales, pudiendo en las zonas más húmedas llegar a tener bosques adultos de gran tamaño de *Beilschmiedia miersii* y *Cryptocarya alba* o en zonas con condiciones más xéricas bosques de *Quillaja saponaria* y *Lithraea caustica* (Fig. 2). La sucesión siempre dependerá de factores ambientales y de la disponibilidad de propágulos cercanos a la zona perturbada.

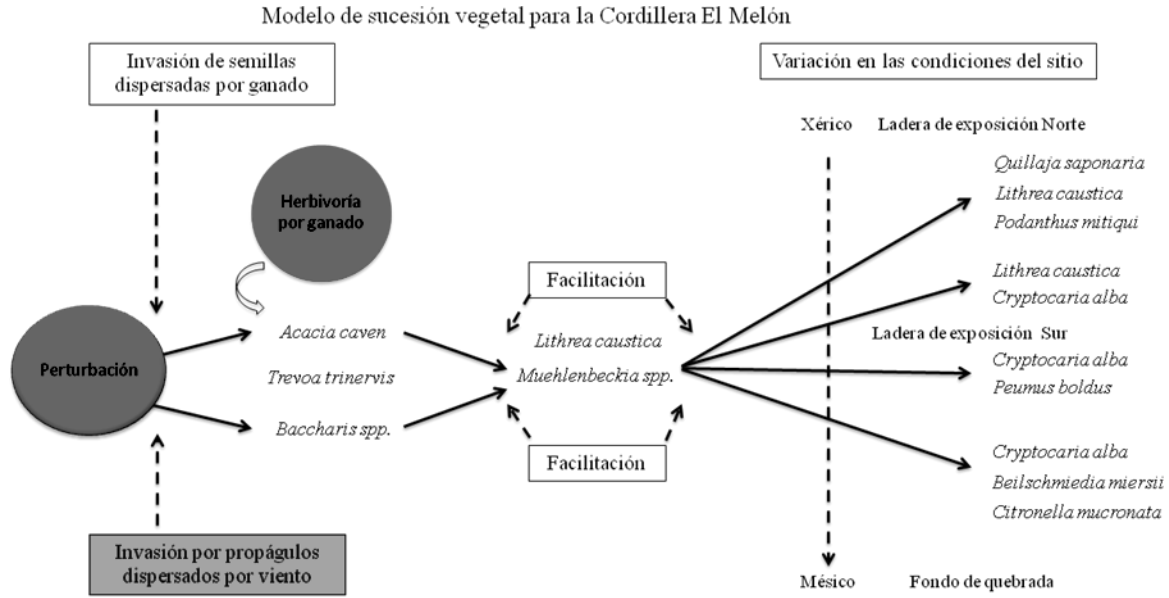


Fig. 2. Modelo simplificado de una sucesión en el matorral chileno, donde según el tipo de condiciones hídricas será la dirección que tome la sucesión.

Hay trabajos que evalúan la existencia de asociaciones entre especies, que permitan la comprensión de la sucesión natural, en ellos se encuentra que para las zonas más méxicas las asociaciones son negativas, ello puede deberse a que las especies compiten por recursos y no necesariamente necesitan de otra para crecer juntas en una comunidad (Armesto 1977), algo similar ocurre en las zonas xéricas en que se discute si es que actúan mecanismos de facilitación (Armesto & Pickett 1985, Del Pozo 1989) o de inhibición en sucesiones secundarias por *Baccharis linearis* (Bustamante 1991). En cualquiera de los casos, no hay asociaciones positivas entre las especies que componen las distintas laderas, por lo que pueden haber diferentes tipos de comunidades al final de la sucesión, en este caso las especies dependerán del tamaño del área que haya sido abierta y del tipo de perturbación, de la cercanía y disponibilidad de semillas desde que el área fue abierta para posibilitar la invasión y además del establecimiento de las especies, la historia de vida de las que puedan llegar a establecerse y por último de la capacidad de las especies a resistir la presión de los herbívoros (Armesto et al. 1995), que para el caso de los ecosistemas mediterráneos chilenos es muy dañina, debido a la falta de enemigos naturales, lo que les permite mantener grandes poblaciones de conejos o liebres (Jaksic & Soriger 1981).

### Consideraciones y recomendaciones

Para los bosques de las zonas mediterráneas se observan diferencias entre las especies que dominan en las laderas nortes y las laderas sur (Tabla 2a, 2b, 2c, 3, 4 y 5). Además las laderas sur tienden a ser más similares entre sí que las laderas de exposición norte (Fig. 3). En las laderas que presentan mayores perturbaciones la especie que domina es *Trevoa trinervis*, debido a su capacidad de invadir y regenerar rápidamente desde semillas en las

zonas que son abiertas por las diferentes perturbaciones. Para las laderas de exposición sur, estas presentan una dominancia más equitativa distribuida entre las distintas especies, siendo una de las más importante *Cryptocaria alba* y *Peumus boldus*. En el caso de los fondos de quebradas, la especie que dominan también son *Cryptocaria alba* y *Peumus boldus*, pero a ellas se une la especie relictas *Beilschmiedia miersii* (Pérez & Villagrán 1985).

Es importante destacar que la especie *Lithraea caustica* también es importante en este tipo de laderas y fondos de quebradas, ya que está presente en todas las exposiciones y con coberturas importantes, lo cual es muy interesante desde la perspectiva del desarrollo de actividades de restauración para el uso de esta especie como árbol nodriza.

Tabla 2. Cobertura de especies más importantes según exposición de la ladera. Categoría: 1 = 0.001-5%, 2 = 5-25%, 3 = 25-50%, 4 = 50-75%, 5 = 75-100% de cobertura.

#### 2a.Ladera Norte

Especie/Sitio	N1_1	N1_2	N4	N7	NO 6_13	NO 6_14	NO 6_15	NO 6_16	NO 6_16	N2*	N3_2*	N3_3*	NE 3_7*	N3_10*
<i>Baccharis spp</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	3	3	0	0
<i>Cassia closana</i>	2	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Colliguaja odorifera</i>	0	0	1	3	3	2	0	2	0	0	0	0	4	0
<i>Escallonia pulverulenta</i>	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
<i>Flourensia thurifera</i>	0	0	0	0	0	2	0	0	0	5	0	0	0	0
<i>Lithraea caustica</i>	1	2	2	3	3	2	2	0	0	2	0	0	2	2
<i>Podanthus mitiqui</i>	2	1	2	2	3	2	2	2	0	0	0	0	0	0
<i>Porlieria chilensis</i>	0	0	0	0	3	2	2	0	2	0	0	0	0	0
<i>Trevoa trinervis</i>	3	2	3	0	2	0	2	2	0	0	4	4	0	0

\* son localidades del Soldado

#### 2b.Ladera Sur

Especie/Sitio	S1_1	S1_2	S2_1	S3_11	S4	S7	S6_1	S6_2	S6_3	S6_4	S6_5	S6_6	S6_7	S6_8	S6_10	S6_11	S2_2*	SE 3_4*	SE 3_5	SE 3_8*	S5_2*
<i>Cryptocaria alba</i>	2	2	4	2	3	0	2	3	3	2	2	3	3	2	3	2	1	4	3	5	3
<i>Chusquea cumingii</i>	2	2	0	0	2	0	3	0	0	1	4	0	0	0	2	3	0	0	0	0	0
<i>Escallonia illinita</i>	0	0	0	0	0	0	2	3	2	2	2	2	2	2	2	0	0	0	0	0	0
<i>Eupatorium salvia</i>	0	0	0	0	1	0	3	0	0	0	0	3	2	0	2	2	0	0	0	0	0
<i>Kageneckia oblonga</i>	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Lithraea caustica</i>	0	0	1	2	1	3	0	2	0	2	2	0	0	2	2	2	3	0	2	2	2
<i>Peumus boldus</i>	2	1	2	2	2	0	3	2	3	0	2	2	3	3	2	2	2	0	2	0	2
<i>Beilschmiedia miersii</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0

\* son localidades del Soldado

#### 2c.Fondos de Quebrada

Especie/Sitio	F6_9	F6_12	F6_17	F6_18	FO 3_9*	FE 3_6*	FSE 5_1*	FO 5_3*	FS 3_1*
<i>Beilschmiedia miersii</i>	0	0	0	0	2	0	3	2	0
<i>Cryptocaria alba</i>	2	2	0	2	4	2	3	3	0
<i>Lithraea caustica</i>	2	2	0	0	0	4	1	1	0
<i>Myrceugenia obtusa</i>	3	3	4	3	0	0	2	2	0
<i>Peumus boldus</i>	3	0	0	2	2	3	2	1	5

\* son localidades del Soldado



Tabla 3. Valores de R-similitud para ANOSIM de una vía y comparaciones a posteriori entre exposiciones (global R= 0.67; p< 0.001).

Exposición	Norte	Sur
Norte	-----	<b>0.67</b>
Sur		-----

Tabla 4. Valores de PERMANOVA de una vía, y comparaciones a posteriori entre laderas de exposición norte y sur (análisis de 5000 permutaciones).

Variables	F	P
Exposición (Norte-Sur)	8.964	0.001

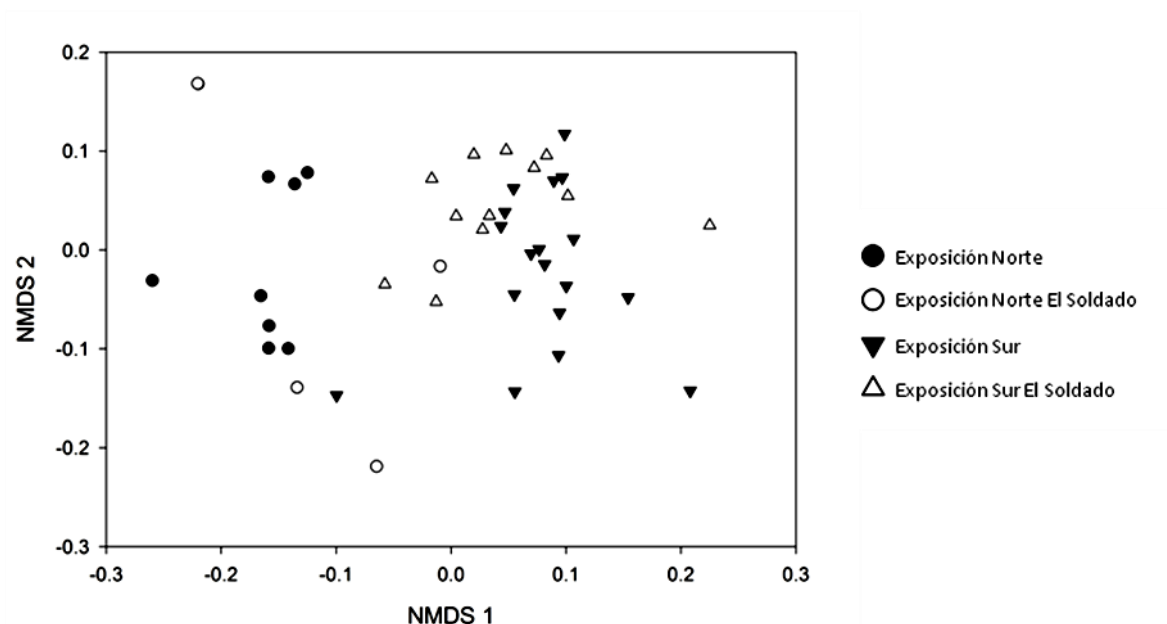


Fig. 3. Análisis de NMDS para las distintas laderas. Círculos: laderas norte, triángulos: ladera sur, los círculos y triángulos sólidos corresponde a localidades de “El Soldado”.

Tabla 5. Valores de SIMPER de disimilitud entre exposiciones norte y sur (valor general de disimilitud 92.03).

Taxón	% Contribución
<i>Cryptocaria alba</i>	12,5%
<i>Trevoa trinervis</i>	11,3%
<i>Peumus boldus</i>	8,5%
<i>Lithraea caustica</i>	6.8%

Tabla 6. Valores de SIMPER de disimilitud por exposición.

Taxon	% Contribución	
	Norte	Sur
<i>Trevoa trinervis</i>	17.91 %	
<i>Colliguaja odorifera</i>	12.9 %	
<i>Cryptocaria alba</i>		15.25 %
<i>Peumus boldus</i>		12.05 %

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos, debemos considerar cuáles son las especies con las que podríamos reforestar a futuro y pensando en el largo plazo del ecosistema objetivo a restaurar, por ello recomendamos:

1. Para las laderas de exposición norte se deben ocupar las especies: *Colliguaja odorifera*, *Podanthus mitiqui* y *Lithraea caustica*, en coberturas de aproximadamente 30, 30 y 40-50% respectivamente (Tabla 2a). Además, *Lithraea*

*caustica* puede ser utilizado como árbol nodriza, ya que probablemente acompañe durante toda la sucesión a las demás especies y les brinde una protección no sólo por los primeros años, protegiéndolas de las oscilaciones que se producen por el fenómeno de “El niño”.

2. Para el caso de las zonas con mayor perturbación humana y que han sido invadidas por *Trevoa trinervis*, hay que evaluar la factibilidad de implementar otras actividades silvícolas diferentes a la reforestación tradicional, para ver si está especie podría actuar como nodriza, ya que es una especie fijadora de nitrógeno que ayuda a la recuperación de suelos degradados (Rundel & Neel 1978). Se podría implementar una plantación en fajas, separadas cada dos metros siguiendo la orientación de la curva de nivel, entre *Trevoa trinervis* con valores de cobertura de 10% para *Colliguaja odorífera*, *Podanthus mitiqui* y 30% para *Lithraea caustica*.
3. El número de individuos a reforestar según laderas (Tabla 7), debiese ser de aproximadamente 750 individuos por hectárea para ladera norte, para las laderas de exposición sur 1.900 individuos por hectárea y para los fondos de quebradas 1.700 individuos por hectárea, considerando que el porcentaje de sobrevivencia debiese ser de aproximadamente un 75%.
4. Para las laderas de exposición sur las especies a considerar podrían ser *Cryptocaria alba*, *Peumus boldus* y *Lithraea caustica*, con porcentajes de coberturas de 40-50%, 25% y 25% respectivamente.
5. Para el caso de fondos de quebradas encontramos que la especies a considerar son *Cryptocaria alba* y *Peumus boldus*, además se puede plantar *Beilschmiedia miersii* y *Aextoxicon punctatum* en proporciones de 40, 40, 10 y 10 % de cobertura respectivamente para cada una de ellas.

Tabla 7. Individuos por especie y exposición por hectárea para la zona de “El Soldado”.

Especies/Exposición	Oeste	Norte - Noroeste	Sur - Oeste	Sur	Sureste
<i>Azara celastrina</i>	0	50	50	200	150
<i>Beilschmiedia miersii</i>	0	0	50	0	0
<i>Citronella mucronata</i>	0	0	0	50	0
<i>Criptocarya Alba</i>	100	75	1000	300	1250
<i>Escallonia pulverulenta</i>	0	175	0	100	100
<i>Lithraea caustica</i>	700	150	0	100	100
<i>Luma apiculata</i>	0	0	0	50	0
<i>Peumus boldus</i>	300	25	100	200	0
<i>Quillaja saponaria</i>	100	50	0	0	100
<i>Schinus latifolius</i>	0	0	50	0	100
<i>Senna candolleana</i>	0	25	0	0	0
Total	1200	550	1250	1000	1800

Tabla 8. Coberturas en porcentaje según ladera, encontrada en los distintos estudios sin discriminar por intervalo de altura

Ladera	Cobertura
<i>Norte</i>	60-160%
<i>Sur</i>	75-155%
<i>Fondo de Quebrada</i>	55-135%

## Referencias

- ARMESTO JJ (1977) Análisis de la vegetación en un gradiente ambiental de la zona mediterránea de Chile. Tesis de Licenciatura, Facultad de Ciencias, Universidad de Chile, Santiago.
- ARMESTO JJ & JA MARTINEZ (1978) Relations between vegetation structure and slope aspect in the mediterranean region of Chile. *Journal of Ecology*. 66: 881-889.
- ARMESTO JJ & STA PICKETT (1985) A mechanistic approach to the study of succession in the Chilean matorral. *Revista Chilena de Historia Natural* 58: 9-17.
- BADANO EI, LA CAVIERES, MA MOLINA-MONTENEGRO & CL QUIROZ (2005) Slope aspect influences plant association patterns in the Mediterranean matorral of Central Chile. *Journal of Arid Environments*, 62(1), 93–108.
- BUSTAMANTE R (1991) Clonal reproduction and succession: the case of *Baccharis linearis* in the chilean matorral. *Medio Ambiente* 11(2): 43-47.
- DEL POZO A, E FUENTES, E HAJEK & J MOLINA (1989) Microclima y manchones de vegetación. *Revista Chilena de Historia Natural* 62: 85-94.
- DI CASTRI F & ER HAJEK (1976) *Bioclimatología de Chile*. Imprenta Editorial de la Universidad Católica de Chile, Santiago.
- DONOSO C (1981) Tipos Forestales de los Bosques Nativos de Chile. Proyecto CONAF/PNUD/FAO-CHI/76/003. Investigación y Desarrollo Forestal. Documento de Trabajo N° 38. 70 p.
- DONOSO C (1982) Reseña ecológica de los bosques mediterráneos de Chile. *Bosque* (4) 2: 117-146.
- FIGUEROA JA, LA CAVIERES, S GOMEZ-GONZALEZ, M MOLINA-MONTENEGRO & FM JAKSIC (2009) Do heat and smoke increase emergence of exotic and native plants in the matorral of central Chile. *Acta Oecologica* 35: 335-340.
- GAJARDO R (1981) Interpretación histórica y perspectivas en el uso del matorral esclerófilo. In: I SEMINARIO-TALLER “Bases Biológicas para el Uso y Manejo de Recursos Naturales Renovables: Recursos de la zona de matorral y bosque esclerófilo de Chile Central”. *Monografías Biológicas* 1: 55-63.
- GÓMEZ-GONZALEZ S, A SIERRA-ALMEIDA & LA CAVIERES (2008) Does plant-derived smoke affect seed germination in dominant woody species of the mediterranean matorral of central Chile? *Forest Ecology and Management*. 255: 1510-1515.

- IRIARTE A, JJ ARMESTO, C SMITH & J MELLA (1992) Estudios de Ecología animal y vegetal de la zona de El Soldado, V región.
- JAKSIC FM & JC SORIGER (1981) Predation upon European rabbit (*Oryctolagus cuniculus*) in Mediterranean habitats of Chile and Spain: A comparative analysis. *J An Ecol* 50: 269-281.
- JAKSIC 2001. Spatiotemporal variation patterns of plants and animals in San Carlos de Apoquindo, central Chile. *Revista Chilena de Historia Natural*. 74:477-502
- PÉREZ C & C VILLAGRÁN (1985) Distribución de abundancias de especies en bosques relictos de la zona mediterránea de Chile. *Revista Chilena de Historia Natural* 58: 157-170
- RUNDEL PW & NEEL JW. 1978 Nitrogen fixation by *Trevoa trinervis* (Rhamnaceae) in the Chilean matorral. *Flora*. 167. 127-32. No anatomy Rhamnaceae, Root nodules

### ***Metodologías ocupadas por los distintos trabajos***

En el trabajo de Armesto 1977 (1), se determinó el área mínima de muestreo por exposición, ocupando finalmente cinco parcelas de 10X10m para las laderas de exposición norte y cuatro de 7X7m para las de exposición sur, en ellas se estratificó y cuantificó la cobertura vegetal de las distintas especies en una cuadrícula dentro de cada parcela de 1m de distancia, para el análisis correspondiente a este trabajo se ocuparon las coberturas de las especies con mayores a 2m de altura para el caso de las laderas sur y menores a 2m para las laderas nortes. Este trabajo fue realizado en el fundo Manantiales.

Para el informe técnico de "El Soldado" de Iriarte et al (2), se hicieron transectos de 30 a 50m para estimar la cobertura área de suelo cubierta por follaje, cada 0,5m a lo largo del transecto, este método se ocupó en las laderas de exposición Norte y en los sectores perturbados (S2\_2), para este último se ocupó la cobertura de las especies de más de 1.5m de altura y para las nortes menores a 1.5m. Para las laderas de exposición Sur se delimitaron parcelas de 800m<sup>2</sup> (40X20m), donde se estimó abundancia y diversidad, para este tipo de



parcelas se estima que la abundancia relativa es un buen indicador de la cobertura del suelo y por lo tanto de ocupa esta para los análisis correspondientes.

Para el caso (3) se realizaron aleatoriamente parcelas de 100m<sup>2</sup> cada una, en las que se contabilizaron el número de árboles y especies que había en ella, se consideraron solo las especies arbóreas o arbustivas. Cuatro de ellas corresponden a parcelas en exposiciones norte, y dos en fondos de quebrada, cuatro en exposición sur y una en oeste, indicándose si la parcela era hecha en la ladera alta, media o baja.

En Armesto & Martinez (4) se ocuparon parcelas de 10X10m en las laderas de exposición norte y cuatro de 7X7 en la ladera de exposición sur, en donde se midió la proyección de las coberturas de arbustos y árboles en el suelo cada 1m. Este trabajo se realizó en el fundo Manantiales.

Para el trabajo de Flores (5), se determinó la estructura florística, mediante el levantamiento de 26 censos siguiendo la metodología fitosociológica de la escuela de Zürich-Montpellier, en parcelas de 200 m<sup>2</sup> de (20 x 10 m) realizadas a lo largo de los fondos de las quebradas, a distintas alturas, en las quebradas La Madera, El Pedernal y El Infiernillo.

Para el caso (6) se estimó de forma visual la cobertura de cada especie en parcelas de 100m<sup>2</sup>. Cuatro parcelas fueron hechas en el fondo de quebrada a 450msnm y diez se realizaron cada 50m de altura aproximadamente desde la cota 450 a los 750msnm, estas corresponden a parcelas a laderas de exposición sur y cuatro parcelas se hicieron a los 900m con la exposición norte. Este estudio fue realizado en la zona de la mina “La estrella”, no se distinguió según altura para medir la cobertura de las especies en forma visual

En el trabajo de Jaksic (7), corresponde al único estudio de los que se incluyeron en el análisis que fue realizado en la cordillera de los Andes y en ella se midieron las coberturas de las distintas especies categorizándolas por su exposición y sin hacer una distinción según la altura de la vegetación.

Tabla 8. Nomenclatura ocupada en las tablas para describir los distintos sitios

Ejemplo: <b>N1 /1</b> Cobertura de Ladera norte extraído de Tesis de Armesto. Lugar 1	Exposición ladera	Fuente de Datos	Nº de parcela
	N norte	1. Tesis Armesto 1977	1
	S sur	2. Informe Iriarte 1992	2
	E este	3. Datos Juan Sanchez 2012 Parcelas	3
	O oeste	4. Armesto y Martinez 1978 Transectos	4
	F fondo de quebrada	5. Informe Flores 2008 Parcelas	5
		6. Datos Pablo Becerra Parcelas	6
		7. Jaksic	7

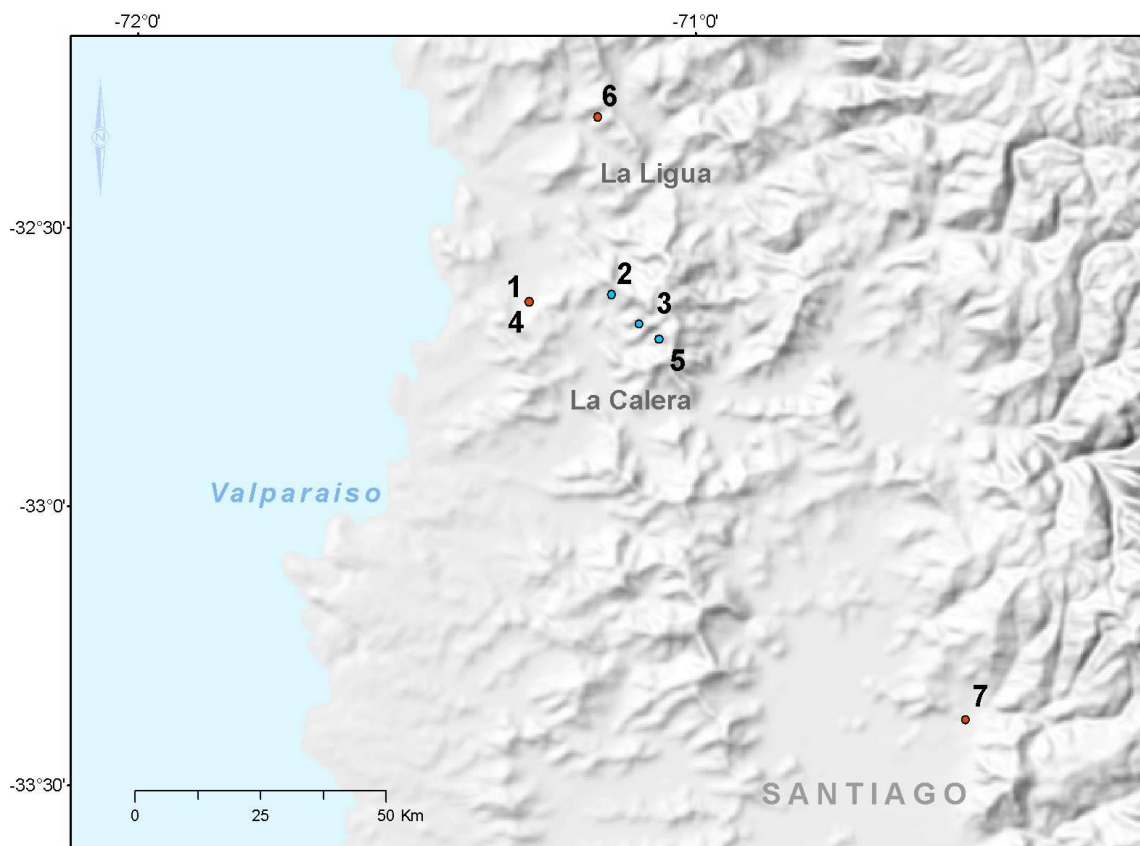


Figura 4. Localización de los distintos estudios (1) Tesis Armesto 1977, (2) Informe Iriarte 1992, (3) Datos Juan Sánchez, (4) Armesto y Martínez 1978, (5) Informe Flores 2008, (6) Datos Pablo Becerra Mina “La Estrella”, (7) Jaksic. Los puntos azules corresponden a muestras tomadas dentro de la mina “El Soldado”.

## **ANEXO 3. Tabla de contenidos Plan de restauración**

# **BASES PARA LA RESTAURACIÓN DE LOS ECOSISTEMAS MEDITERRANEOS PLAN DE RESTAURACIÓN ECOLÓGICA Y CONSERVACIÓN DE LA MINA EL SOLDADO**



## TABLA DE CONTENIDOS

1. Prólogo
2. Introducción
  - 2.1. Propósito
  - 2.2. Conservación, restauración y bienestar social
3. Contexto climático y geográfico de los ecosistemas Mediterráneos
4. Historia de la ocupación humana en Chile Mediterraneo
5. Los Ecosistemas de Chile Mediterráneo
  - 5.1. Distribución de los ecosistemas
  - 5.2. Dinámica sucesional de los ecosistemas de Chile Mediterráneo
  - 5.3. Conservación y amenazas
6. Bases y Principios para la restauración de ecosistemas Mediterráneos
  - 6.1. La ecología de la restauración como disciplina
  - 6.2. Principios prácticos y teóricos de la restauración
  - 6.3. ¿Qué y Cómo restaurar? Algunos principios básicos
  - 6.4. Ejemplos de restauración en ecosistemas Mediterráneos en el mundo
7. El Ecosistema de la Cordillera el Melón y El soldado
  - 7.1. Historia de la ocupación humana y usos actuales del paisaje
  - 7.2. Características ambientales y Antecedentes del ecosistema
  - 7.3. Perspectivas futuras
8. Plan de restauración del Soldado (PRES)
  - 8.1. Misión y Visión
  - 8.2. Objetivos
  - 8.3. Identificación del Ecosistema objetivo
  - 8.4. Areas a restaurar
  - 8.5. Evaluación de actividades asociadas a Planes de Manejo Forestal
  - 8.6. Estrategia General de Restauración
  - 8.7. Actividades de investigación para apoyar el PRES
  - 8.8. Plan de Actividades
  - 8.9. Resultados esperados e Indicadores
  - 8.10. Plan de Monitoreo
9. Recomendaciones a la gestión, uso y vinculación de El Soldado y las comunidades
10. Referencias
11. Glosario de términos