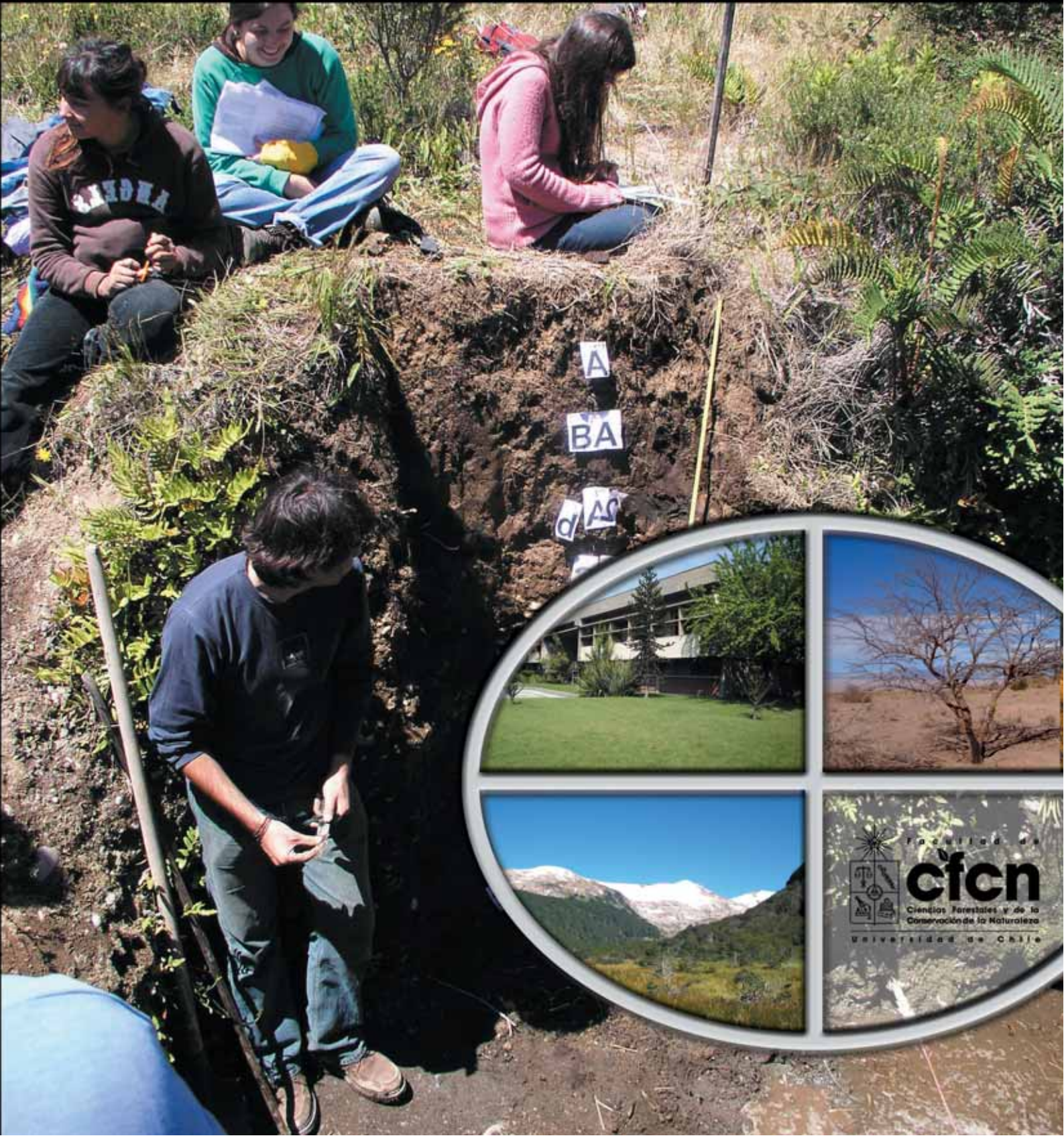


revista de extensión

# ambiente **FORESTAL**

Año 5, Nº 8, 2010



Facultad de **cfcn**  
Ciencias Forestales y de la  
Conservación de la Naturaleza  
Universidad de Chile

# La madera del futuro está en Shanghai y es de Arauco.

**"Better City, Better Life".** Bajo este lema nos reunimos con el mundo en la Expo Shanghai 2010, para demostrar que Chile avanza, y de manera sostenible. Nuestro aporte está en la madera, el recurso del futuro, en su nobleza y en su innovadora capacidad de hacer que nuestras ciudades sigan mejorando.

**Y es que ayudar a mejorar nuestra calidad de vida, y la de las generaciones que siguen, es sembrar futuro.**



[www.arauco.cl](http://www.arauco.cl)



Las opiniones expresadas son de exclusiva  
responsabilidad de quienes las emiten.

Ambiente Forestal no se responsabiliza por el  
contenido de los avisos publicitarios. Se autoriza  
la reproducción parcial o total de sus contenidos  
citando la fuente.

Según norma ISSN, el nombre de la revista se  
abrevia: Ambiente For.

# INDICE

## INDICE

ÍNDICE .....1

EDITORIAL ..... 4

1. Humedales anegadizos de la Patagonia chilena .....6

*Álvaro Promis.*

2. Una experiencia exitosa en forestación con especies del bosque  
mediterráneo ..... 17

*Álvaro González, Cristian Fuentes, Fernando Azúa.*

3. Intervenciones silviculturales en formaciones xerofíticas y arbóreas.  
Provincia El Loa. Región de Antofagasta .....25

*Antonio Vita, Andrea Choque, María Teresa Serra, Miguel Castillo, Iván Grez, Griselda Lemus.*

4. Eficacia insecticida de extractos de hojas de *Schinus Molle* .....34

*Italo Chiffelle, Amanda Huerta, Fernando Azúa, Karla Puga y Jaime Araya.*

5. La necesidad de sustituir el uso de leña nativa por exótica en centros de alto  
consumo en la Región de los Lagos para disminuir la pérdida de patrimonio  
natural ..... 41

*Patricio Corvalán.*

6. Evaluación de existencias de biomasa en Chile a través de sensores  
remotos .....45

*Jaime Hernández y Patricio Corvalán.*

# EDITORIAL

## EDITORIAL



***“El Ingeniero Forestal de la Universidad de Chile es un profesional capaz de formular, evaluar y gestionar planes, programas y proyectos, a la vez de identificar, modelar y gestionar procesos y procedimientos relativos a componentes presentes en los diversos ecosistemas forestales y ambientes relacionados, para la obtención de bienes y servicios con criterios de sustentabilidad”***

El texto precedente corresponde al perfil de egreso del Ingeniero Forestal, de ello se desprende que su quehacer profesional está íntimamente ligado a la protección del medioambiente, con una alta cuota de responsabilidad por el impacto de sus decisiones, las que respetando marcos éticos deben acogerse a las disposiciones legales vigentes, tomando en cuenta además, creencias, costumbres y tradiciones de las personas y comunidades que integran el ecosistema, en otras palabras aplicando criterio de sustentabilidad ambiental, el que se transforma en un eje transversal que trasciende su actuar.

La protección del medio ambiente, inicialmente centrada en la salud y el bienestar del hombre, tiene alcances más profundos, pues siendo el hombre el principal causante de la continua degradación del medio, no sólo debe involucrar a los profesionales especializados que se desempeñan directamente en él, sino al grupo humano que en él habita o bien depende para su subsistencia. Importante es, entonces, propiciar la adopción de una actitud consciente ante el medio que nos rodea y del cual formamos parte, lo que en gran medida está en manos de una educación que enseñe, en especial a los niños y jóvenes, el respeto y la valoración de los recursos naturales.

La formación del profesional forestal, con fuertes competencias en el ámbito de la Conservación y Protección, de la Producción, de la Industria y de la Gestión Forestal, le permiten apoyar exitosamente la tarea de educar ambientalmente. De hecho, no pocas memorias de título se han realizado en este ámbito, donde nuestros estudiantes han demostrado una gran capacidad para entender la problemática y hacer excelentes aportes en torno a propuestas de control, evaluación y gestión relacionadas con Educación Ambiental. Se abre entonces un campo laboral que va desde el sistema educativo formal hasta las empresas forestales por la responsabilidad social que les concierne, demostrando con ello que no sólo tiene competencias para administrar eficiente y racionalmente los recursos forestales y naturales en general, sino además, para transformarse en agentes de cambio y constructores de una conciencia ambiental renovada, sustentada en el conocimiento generado a través de años de investigación.

Adelina Manríquez Leiva  
Secretaria de Estudios  
Facultad de Ciencias Forestales y Conservación de la Naturaleza  
Universidad de Chile

# ASEMAFOR

Soluciones Económicamente Sustentables

[www.asemafor.cl](http://www.asemafor.cl)

## ASESORIAS - ESTUDIOS

## SERVICIOS AMBIENTALES

## Y FORESTALES



CAPTURA DE CO<sub>2</sub>



DIA - EIA



COMPENSACIONES  
Ambientales y Forestales



PLANES DE MANEJO

FONO: 278 7973 - (9) 837 22 31

Av. Consistorial 2660 - Peñalolen

[agonzalez@asemafor.cl](mailto:agonzalez@asemafor.cl) - [serforyambl@asemafor.cl](mailto:serforyambl@asemafor.cl)

# HUMEDALES ANEGADIZOS DE LA PATAGONIA CHILENA (1, 2)

Alvaro Promis

Dr. rer. nat., Ingeniero Forestal, Depto. de Silvicultura y Conservación de la Naturaleza  
Fac. Cs. Forestales y Conservación de la Naturaleza, Universidad de Chile  
alvaro.promis@gmail.com

<sup>(1)</sup> Proyecto FPA (CONAMA) "Conservación de mallines. Una alternativa para proteger humedales, educación ambiental y desarrollo de actividades ecoturísticas".

<sup>(2)</sup> Programa de Bosques Patagónicos, Depto. de Silvicultura y Conservación de la Naturaleza, Universidad de Chile.

**En memoria de mi padre, Sr. Fernando Promis Díaz (Q.E.P.D.).**

**Parte de este manuscrito fue escrito mientras lo acompañaba en sus últimos días de vida.**

## ¿QUÉ SON LOS HUMEDALES?

Los humedales forman parte de los ecosistemas más importantes de la Tierra (Mitsch y Gosselink 2007), son unidades del paisaje determinadas por un anegamiento permanente o estacional del suelo (Ramírez y San Martín 2008). Según la Convención de Ramsar, éstos han sido definidos como extensiones de marismas, pantanos y turberas, o superficies cubiertas de aguas, de régimen natural o artificial, permanentes o temporales, estancadas o corrientes, dulces, salobres o saladas, en las que se incluyen las extensiones de agua marina cuya profundidad en marea baja no exceda de seis metros. Ésta indica la existencia de cinco tipos principales de humedales: 1) marinos, 2) esturianos, 3) lacustres, 4) ribereños y 5) palustres (Secretaría de la Convención Ramsar 2006).

Los humedales cubren aproximadamente un 6% de la superficie de la Tierra (Erwin 2009), de los que 2% son lagos, 30% turberas arbustivas, 26% turberas de gramíneas, 20% pantanos y 15% llanuras aluviales (Secretaría de la Convención Ramsar 2006).

Últimamente se ha llegado a comprender el valor y las múltiples funciones de los humedales para la

humanidad (Secretaría de la Convención Ramsar 2006). Éstos han sido valorizados como fuentes, sumideros y transformadores de varios materiales químicos, biológicos y genéticos (Mitsch y Gosselink 2007), almacenando entre el 12 y 20% del carbono a nivel mundial (Walentowski *et al.* 2008, Erwin 2009).

Los humedales son uno de los medios más productivos del mundo, contienen una alta diversidad biológica, proveyendo hábitats para una gran variedad de especies de flora y fauna. Éstos estabilizan el suministro de agua, disminuyendo los efectos producidos por inundaciones o sequías, pueden limpiar el agua contaminada, proteger las costas y recargar los acuíferos con aguas subterráneas (Mitsch y Gosselink 2007).

Por otra parte, desde un punto de vista de valoración de ecosistemas, los humedales reportan beneficios económicos, entre los que se puede mencionar el abastecimiento de agua (cantidad y calidad); la pesca; el mantenimiento de capas freáticas y la retención de nutrientes en llanuras para la agricultura, madera y otros materiales de construcción; la obtención de recursos energéticos (turba y materia vegetal), recursos de vida silvestre, medio de transporte,

hierbas medicinales y posibilidades de recreación y turismo (Secretaría de la Convención Ramsar 2006).

Por último, los humedales poseen atributos especiales como parte del patrimonio cultural de la humanidad, ya que han sido asociados a creencias religiosas y cosmológicas, constituyen una fuente de inspiración estética y artística, aportan información arqueológica sobre el pasado remoto (Secretaría de la Convención Ramsar 2006).

Sin embargo, y pese a su inmenso valor, los humedales se encuentran amenazados a escala global debido a las actividades humanas. La disminución y pérdida de humedales en Sudamérica se ha debido a la urbanización, la construcción de represas y diques; el drenaje y relleno de pantanos, marismas y bañados; la contaminación y sedimentación de ríos, lagos y lagunas; la introducción de especies exóticas; la explotación no sostenible de recursos naturales y el turismo (Hauenstein *et al.* 2005). Además, debido al cambio climático se han predicho cambios hidrológicos, los que potencialmente afectarían el número de humedales en funcionamiento y la localización de algunos tipos de ellos (Erwin 2009).

## HUMEDALES EN CHILE

Los humedales chilenos pueden clasificarse en salinos y dulceacuícolas (Ramírez y San Martín 2008) (Figura 1).

El Catastro y Evaluación de Recursos Vegetacionales Nativos de Chile clasifica los humedales incluyendo las categorías de vegetación herbácea permanentemente inundada a orillas de ríos, marismas herbáceas temporalmente inundadas por el mar, ñadis herbáceos y arbustivos (Foto 1), turbales, bofedales, vegas (Foto 2), entre otros (CONAF 2010). Según CONAF *et al.*, (1999), los humedales en el país cubren una superficie de aproximadamente 4.498.061 ha, correspondiente al 5,9% de la superficie nacional. El 95% de esta superficie de humedales en el país se concentra entre las regiones XI y XII (Figura 2), las que corresponden a parte de la llamada Patagonia Chilena, y están representadas mayoritariamente por turberas.



Figura 1. Clasificación de los humedales chilenos (según Ramírez y San Martín 2008)

Foto 1. Ñadi (Fotografía Juan Pablo Fuentes)



Foto 2. Vega (Fotografía Gabriel Mancilla)

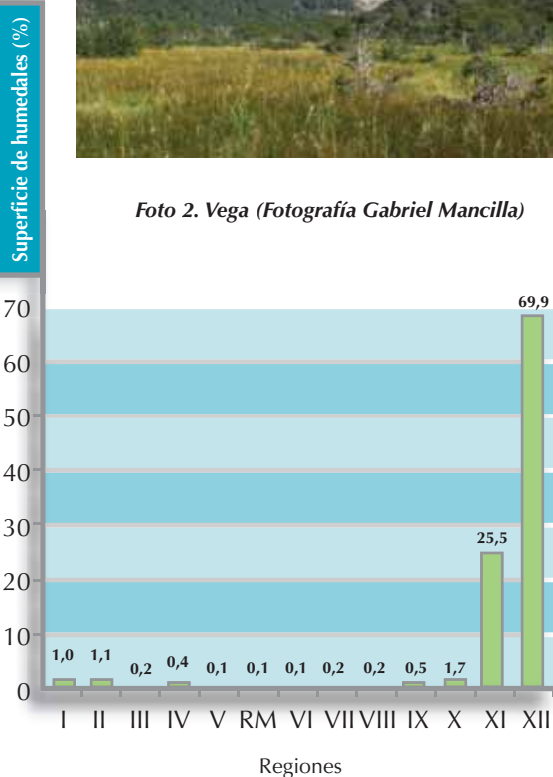


Figura 2. Distribución de los humedales (%) por región (Fuente: CONAF et al. 1999)



Foto 3. Turba de *Sphagnum magellanicum* y *Empetrum rubrum* (Fotografía Alvaro Promis)

## HUMEDALES ANEGADIZOS

Según Ramírez y San Martín (2008), los humedales anegadizos (Figura 1) están asociados a una napa freática alta y no a un cuerpo dulceacuícola.

Los pantanos son formaciones vegetales anegadas con aguas dulces todo el año, que se encuentran en depresiones, llanuras o junto a ríos, lagos o esteros. En éstos se presenta una abundante vegetación, en la que predominan helófitos como junquillos y totoras. Estos ambientes sirven de hábitat a una variada fauna de batracios y aves (Hauenstein et al. 2005, Ramírez y San Martín 2008).

Las marismas, que también son humedales anegadizos, son pantanos salobres que se forman cerca del litoral, en las riberas de los estuarios de los ríos, en la desembocadura de los ríos, donde se mezclan agua salada marina y dulceacuícola del río. La vegetación se presenta con plantas suculentas o halófitas subarbutivos y herbáceos, que sirven de hábitat a una variada fauna de invertebrados (Hauenstein et al. 2005, Ramírez y San Martín 2008).

Las turberas son pantanos de lugares fríos que abundan en la alta cordillera, distribuyéndose desde Valdivia al sur por ambas cordilleras. Corresponden habitualmente a lagunas que se han rellenado de material vegetal. Estos pantanos se caracterizan por presentar anegamiento permanente, un pH ácido y una gran deficiencia en nutrientes minerales. El material orgánico se descompone lentamente debido a la alta acidez del sustrato, que impide la proliferación de organismos descomponedores. En Chile existen dos tipos: las turberas esfagnosas (topogénicas) y las turberas pulvinadas (ombrotroficadas). Las primeras se ubican en depresiones con abundante agua edáfica y están dominadas por *Sphagnum magellanicum* (Foto 3) y por plantas insectívoras (por ejemplo *Drosera spp.*). Las segundas son turberas acojinadas, dominadas por dicotiledóneas y monocotiledóneas pulviniformes (ejemplo *Donatia spp.*, *Carex spp.* y *Schoenus spp.*), sin



crecimiento arbóreo y dependen únicamente del agua de lluvia que atrapan en sus densos cojines (Hauenstein *et al.* 2005, Ramírez y San Martín 2008).

Los ñadis o pantanos de temporada, corresponden a terrenos planos, con suelos delgados, de origen volcánico, anegados sólo en invierno y muy secos en verano, con altas concentraciones de aluminio y pH ácidos. Los ñadis presentan una capa endurecida e impermeable de fierrillo (duripán férrico) que se forma entre el suelo orgánico y el sustrato de ripio. Se encuentran en la depresión intermedia del centro-sur de Chile, en el lado occidental de los grandes lagos preandinos. Presentan una vegetación variada con una gran cantidad de comunidades vegetales primarias y secundarias (Hauenstein *et al.* 2005, Ramírez y San Martín 2008).



**Foto 4. Bosque pantanoso o hualve (Fotografía Víctor Ardiles)**

Los bosques pantanosos o hualves (Foto 4) son bosques nativos, ubicados en depresiones del terreno, anegados casi todo año y que poseen bajas tasas de descomposición de vegetales en el piso del bosque. Estas comunidades boscosas pantanosas chilenas están dominadas mayoritariamente por mirtáceas nativas. Alteraciones antrópicas en los hualves, los transforman en matorrales de quila, pantanos de *Carex spp.* o praderas de *Juncus spp.* (Foto 5) (Ramírez *et al.* 1995,



**Foto 5. Bosque pantanoso después de perturbación antrópica. En la fotografía se aprecian *Gunnera tinctoria* y *Juncus procerus*.**

Hauenstein *et al.* 2005, Ramírez y San Martín 2008).

Schlatter y Schlatter (2004), reconocen en Chile otros dos tipos de humedales desde el punto de vista edáfico, especialmente en aquellas zonas de alta pluviosidad; las vegas y los mallines.



**Foto 6. Bosque turboso dominado por *Pilgerodendron uviferum* y *Nothofagus betuloides* (Fotografía Alvaro Promis)**

Las vegas presentan suelos de sedimentos fluviales que son depositados a las orillas de arroyos y ríos. Estos suelos presentan generalmente una napa freática permanente, aunque fluctúa de acuerdo al nivel del río. Presentan una vegetación exuberante debido a la alta riqueza de nutrientes y de oferta de agua (Schlatter y Schlatter 2004).

Los mallines son sectores topográficos hundidos, ubicados en posiciones relativamente bajas del paisaje, que reciben aportes de agua superficial o subsuperficial, presentándose anegamientos permanentes o temporales del terreno (Schlatter y Schlatter 2004). En Argentina, los humedales de la Patagonia han sido llamados mallines (Gandullo y Faggi 2005). En estos humedales se desarrolla una vegetación exuberante, la que varía de acuerdo a su ubicación geográfica y el grado de saturación de agua (Schlatter y Schlatter 2004). Por lo tanto, la composición de la vegetación puede ir desde áreas conteniendo árboles, arbustos, hierbas, pastos, hasta ciperáceas y juncos (Clausen *et al.* 2006).

### **HUMEDALES ANEGADIZOS DE LA PATAGONIA Y SUS COMUNIDADES VEGETALES**

Skottsberg (1916), en su trabajo sobre la expedición realizada en la Patagonia y Tierra del Fuego, describió algunas asociaciones de plantas pertenecientes a humedales anegadizos. En el Área



**Foto 7. *Marsippospermum grandiflorum* (Fotografía Alvaro Promis)**

Valdiviana (41 a 48° de latitud sur) reconoció los bosques pantanosos ("*Sumpfwald*") y los bosques turbosos ("*Moorwald*"). El bosque pantanoso, también llamado "Tepual", presenta un suelo con montículos de musgos y canales de agua llenos de barro, se encuentra dominado por *Pilgerodendron uviferum*, *Tepualia stipularis*, *Carex acutata*, *Juncus dombeyanus*, *Schoenus laxus* y *Blechnum arcuatum*, y con presencia de *Sphagnum spp.*, en el estrato de las criptógamas. El bosque turboso (Foto 6) es un bosque ralo, que se encuentra creciendo sobre un suelo turboso, está formado por árboles como *Pilgerodendron uviferum*, *Podocarpus nubigena*, *Nothofagus betuloides* y *Nothofagus nitida*, caracterizado por la presencia de *Marsippospermum grandiflorum* (Foto 7) en el estrato de las hierbas. *Sphagnum spp.* y *Lepicolea spp.* en el estrato de las briófitas.

Por otro lado, en el Área Magallánica (subantártica) al sur de los 48° de latitud sur, Skottsberg (1916), indica la existencia de bosques turbosos y turberas acojinadas. El bosque turboso en este caso estaría asociado a las siguientes series: Bosques densos de *Nothofagus*; bosques ralos de *Nothofagus* con o sin *Pilgerodendron uviferum*; boques ralos de *Pilgerodendron uviferum* con altas densidades de *Marsippospermum spp.*, *Sphagnum spp.* y *Lepicolea spp.*; turberas de *Sphagnum spp.* con *Marsippospermum spp.* y altas densidades de hierbas, *Empetrum spp.* y

arbustos enanos. Las turberas acojinadas tienen muchas especies en común con las turberas antes señaladas además de *Astelia pumila* y *Donatia fascicularis*, entre otras.

Roivainen (1954), agrupa las comunidades de los diferentes tipos de turberas en Tierra del Fuego en: 1) turberas de praderas (“*Wiesenmoore*”), 2) turberas marrones (“*Braunmoore*”), 3) turberas pluviales de pradera (“*Regenwiesenmoore*”), 4) turberas acojinadas (“*Polstermoore*”), 5) turberas pluviales de acojinadas (“*Regenpolstermoore*”), 6) turberas esfagnosas (“*Weissmoore*”), 7) turberas de matosas (“*Reisermoore*”), 8) turberas de bosque (“*Bruchmoore*”) y 9) turberas pluviales de bosque (“*Regenbruchmoore*”). 1) En las turberas de praderas se presentan los subtipos: 1.1) turberas de praderas de hierbas (“*Krautwiesenmoore*”) dominadas por *Senecio smithii*, *Ranunculus uniflorus*, *Gunnera magellanica* y musgos; 1.2) turberas de praderas de gramíneas (“*Graswiesenmoore*”) con comunidades dominadas por *Alopecurus pratensis*, *Phleum alpinum* y musgos; 1.3) turberas de praderas de ciperáceas (“*Seggenwiesenmoore*”) dominadas por *Carex gayana*, *Carex atropicta* y musgos. 2) Las turberas marrones se encuentran dominadas por una gruesa carpeta de musgos marrones (“*Braunmooren*”) sobre el piso del suelo y por especies fanerógamas como *Viola tridentata*, *Acaena tenera*, *Cardamine glacialis*, *Epilobium australe* y *Lobelia oligophylla*. 3) Las turberas pluviales de praderas están dominadas por *Marsippospermum grandiflorum*, *Anthoxanthum redolens*, *Agrostis magellanica*, *Festuca purpurascens* y por varias especies de hepáticas y musgos sobre el suelo. 4) Las turberas acojinadas caracterizadas por la presencia de *Bolax gummifera*. 5) Las turberas pluviales acojinadas se presentan los subtipos 5.1) turberas pluviales acojinadas bajas (“*Regenflachpolstermoore*”) caracterizadas por la presencia de *Donatia fascicularis*, *Astelia pumila*, *Oreobolus obtusangulus*, *Myrteola nummularia*, *Gaultheria spp.*, *Gunnera lobata*, *Caltha appendiculata*, *Carex maritima* y hepáticas sobre el piso; y las 5.2) turberas pluviales acojinadas altas (“*Regenhochpolstermoore*”) dominadas por cojines de

musgos y hepáticas con alturas de entre 10 y 30 cm. 6) Las turberas esfagnosas están subdivididas en: 6.1) turberas esfagnosas de ciperáceas (“*Seggenweissmoore*”) dominadas por *Carex curta*, *Carex magellanica*, *Carpha schoenoides*, *Sphagnum magellanicum* y *Sphagnum fimbriatum*; 6.2) turberas esfagnosas de juncáceas (“*Binsenweissmoore*”) dominadas por los juncos *Marsippospermum grandiflorum* o *Rostkovia magellanica* y los musgos *Sphagnum magellanicum* o *Sphagnum fimbriatum*; 6.3) turberas esfagnosas (“*Mosschlenkenweissmoore*”) dominadas por musgos del género *Sphagnum* y algunas hepáticas; 6.4) turberas esfagnosas de *Tetroncium* (“*Tetroncium - Weissmoore*”) dominadas por la asociación *Tetroncium magellanicum* – *Sphagnum magellanicum*; 6.5) turberas pluviales esfagnosas (“*Regenweissmoore*”) caracterizadas por *Tetroncium magellanicum*, musgos de la familia Dicranaceae y hepáticas; 6.6) turberas de *Polytrichum alpestre* (sinónimo de *Polytrichum juniperinum*) (“*P. alpestre - Moore*”) que están caracterizadas también por la presencia de *Sphagnum magellanicum* y *Pernettya pumila*. 7) Turberas de matosas dominadas por *Sphagnum magellanicum*, *Sphagnum fimbriatum*, otros musgos de la familia Dicranaceae, hepáticas y plantas vasculares como *Empetrum rubrum*, *Pernettya pumila*, *Chilotrichum diffusum*, *Pernettya mucronata* y especies del género *Nothofagus*. Estas turberas están subdivididas en los tipos turberas matosas esfagnosas (“*Weissmooreisermoore*”) y turberas pluviales de matosas (“*Regenreisermoore*”). 8) Turberas de bosque que se encuentran a menudo en bosques semidensos de *Nothofagus pumilio* o *Nothofagus antarctica* con un sotobosque dominado por hemicriptófitas y musgos. 9) Turberas pluviales de bosques dominados por *Nothofagus betuloides* y arbustos de *Berberis ilicifolia*, con una gran cantidad de musgos, epífitas, helechos y pequeñas plantas herbáceas que cubren el suelo.

Schmidthüsen (1956), divide la Patagonia Chilena en cinco regiones: el bosque lluvioso de siempreverdes, la tundra, el bosque subantártico decíduo, la estepa patagónica y los andes del sur. Sin embargo, dos de estas regiones presentan humedales anegadizos. El bosque

lluvioso del norte de la Patagonia se encuentra sobre suelos pantanosos y turbosos, dominado por especies de *Nothofagus dombeyi*, *Weinmannia trichosperma*, *Caldcluvia paniculata*, *Podocarpus nubigena*, *Pilgerodendron uviferum* y *Mirtáceas*. También se encontrarían turberas ombrotroficas dominadas por *Sphagnum spp.*, *Drosera uniflora* y *Lepidothamnus fonkii*.

Montaldo (1976), estudió cuatro comunidades pratenses de mallines en Aysén, que se desarrollan en suelos planos, con turba en sus horizontes superiores y anegados una parte del año. La vegetación está compuesta principalmente de juncáceas, ciperáceas y gramíneas, constituyendo la asociación *Juncus balticus* – *Deschampsia flexuosa*.

Pisano (1977), en su trabajo sobre Fitogeografía de Fuego-Patagonia reconoce dos agrupaciones de comunidades vegetacionales correspondientes a humedales anegadizos, las vegas y praderas higrofiticas, y la tundra magallánica. Las vegas y praderas higrofiticas se encuentran generalmente en depresiones con limitaciones en el drenaje por percolación y con un lento escurrimiento horizontal, lo que genera suelos hidromórficos (mallín semi-turboso), con grandes acumulaciones de materia orgánica y una alta acidez. Las comunidades vegetacionales están formadas principalmente por gramíneas y ciperáceas, con altos valores de cobertura, con la posible presencia de formaciones arbustivas en sitios elevados. En general, las seis asociaciones vegetales que se pueden diferenciar están caracterizadas por la presencia de *Hordeum comosum*, *Gunnera magellanica*, *Hierochloe redolens*, *Carex canescens*, *Deschampsia antarctica* o *Chilotrichum diffusum*.

Por otro lado, la tundra magallánica se puede dividir en aquellas conformadas por: 1) los turbales elevados, 2) los turbales pulvinados, 3) los turbales graminoideos y 4) las tundras con sinusias leñosas (Pisano 1977). 1) Los turbales elevados a su vez se encuentran subdivididos en: 1.1) los turbales esfagnosos (con precipitaciones menores a los 1500 mm/año) en las que

se presentan las asociaciones *Sphagnetum magellanicii* y *Marsippospermetum grandiflorum*, y 1.2) las tundras briofíticas no esfagnosas (con precipitaciones mayores a los 1500 mm/año) dominados por comunidades de turbales elevados de musgos no esfagnosos y turbales elevados de hepáticas. 2) Los turbales pulvinados están subdivididos en: 2.1) la tundra higrofitica pulvinada (Asociación *Donatietum fascicularis*) que se presenta en situaciones con precipitaciones superiores a los 2.000 mm/año, con una cubierta dominada por *Donatia fascicularis* y *Astelia pumila*; 2.2) la tundra montana pulvinada dominada por la asociación *Bolax gummifera* – *Azorella selago*, que se ubica entre los 300 y 700 m.s.n.m., y donde ambas especies dominantes presentan un marcado hábito de crecimiento pulvinado de cojines y montículos; y 2.3) la tundra de briofitas y arbustos enanos dominadas por especies de musgos y hepáticas que se desarrollan en forma de céspedes más o menos densos y planos, con escasa presencia de fanerófitas, con arbustos enanos y enmarañados representados por *Baccharis patagonica*, *Berberis ilicifolia*, *Chilotrichum diffusum*, *Lepidothamnus fonkii*, *Empetrum rubrum*, *Escallonia serrata*, *Philesia magellanica* y *Pilgerodendron uviferum*. 3) Los turbales graminoideos están dominados por gramíneas o ciperáceas, con alta importancia de briofitas y baja importancia fitosociológica de árboles y arbustos (*Berberis ilicifolia*, *Nothofagus antarctica*, *Nothofagus betuloides*, *Pilgerodendron uviferum* y *Pernettya mucronata*). Estos turbales están subdivididos en: 3.1) la tundra de ciperáceas amacolladas representadas por la asociación *Schoenetum antarcticis*, con *Schoenus antarcticus* como especie dominante, y asociada de las gramíneas *Carpha alpina*, *Cortaderia pilosa*, *Deschampsia flexuosa*, *Hierochloe redolens*, *Marsippospermum grandiflorum*, *Rostkovia magellanica*, de los musgos *Sphagnum magellanicum* y a veces *Racomitrium lanuginosum*; y 3.2) la tundra gramínosa subantártica representada por la asociación *Poetum flabellatae*, dominada densamente por *Poa flabellata*. 4) Las tundras con sinusia leñosa son aquellas comunidades en las que los árboles o arbustos adquieren importancia en el estrato superior y con plantas marcadamente

turbosas sobre el suelo. Estas tundras están subdivididas en: 4.1) las tundras con *Pilgerodendron uviferum* y 4.2) las tundras nanofanerofíticas interiores. La tundra con *Pilgerodendron uviferum* es una comunidad arbórea de poca altura, rala, desarrollada sobre substratos de turba esfagnosa, donde *Pilgerodendron uviferum* se presenta como un pequeño árbol o arbusto, acompañado en bajos porcentajes por *Nothofagus betuloides* y escasamente por *Drimys winteri*. La tundra nanofanerofítica interior es un brezal bajo y ralo en la que se presentan las asociaciones 4.2.1) *Nanobetuloide-Schoenetum antarcticae* y 4.2.2) *Escallonia-Pernettyetum pumilae*. La primera está dominada florísticamente por *Nothofagus betuloides* y mezclado con *Berberis ilicifolia*, *Desfontainia spinosa* y *Philesia magellanica*, siendo importante también la presencia de las gramíneas *Schoenus antarcticus* y *Carpha alpina*. En la segunda asociación (*Escallonia-Pernettyetum pumilae*) los arbustos son escasos, representados por especies achaparradas y rastreras de *Escallonia serrata*, *Nothofagus betuloides* y *Pernettya pumila*.

Roig y Faggi (1985), en el análisis geobotánico de la vegetación de la Transecta Botánica de la Patagonia Austral, caracterizaron fitosociológicamente comunidades vegetales en humedales anegadizos en el Área Continental y en la Región de los Canales. En el Área Continental caracterizaron: 1) el pastizal de *Hordeum publiflorum* y *Deschampsia caespitosa* sobre suelo turboso; 2) las praderas cenagosas en el que se distinguieron tres asociaciones, el *Hordeetum lechleri typicum*, el *Artemisietum magellanici* con *Artemisia magellanica* y *Puccinellia parviflora* y el *Galio Hydrocotyletum chamaemori* con *Galium magellanicum*, *Triglochin palustris* y *Hydrocotyle chamaemorus*; 3) la vegetación acuática semisumergida en lagunas de poca profundidad o arroyos de agua mansa en las que dominan *Hippuris vulgaris*, *Glyceria multiflora* o *Deyeuxia neglecta*; 4) la vegetación de las turberas del área continental, que se presenta como una carpeta verde muy densa dominada por *Carex gayana* y *Caltha segittata*; 5) las carpetas de *Salicornia ambigua* que son cordones de vegetación a orillas de algunos ríos,

sobre sectores muy arcillosos, salinos y periódicamente cubiertos de agua; 6) la vegetación de las laguna temporarias que aparecen en los suelos típicos de la estepa correspondiente al *Nardophyllo-Festucetalia*; y 7) la vegetación de los bordes de las lagunas y cubetas de deflación, en las que se puede destacar los órdenes: a) *Adesmio-Juncetum* caracterizadas por *Juncus balticus*, *Adesmia pumila*, *Carex subantarctica*, *Eriachanium magellanicum*, *Scirpus spegazzinianus* y *Pratia repens*, b) *Scirpo-Boopetum*, en bordes de lagunas muy húmedos y arcillosos, caracterizados por *Scirpus nevadensis* y *Boopis australis*.

Por otro lado, en la Región de los Canales Roig y Faggi (1985), destacan que gran parte del suelo, de la superficie de tierra firme, está ocupado por turberas y pantanos. En esta región se destacan los humedales compuestos por: 1) las turberas de tundra magallánica, con una vegetación apretada de cojines esponjosos, con una elevada cobertura, dominada por *Donatia fascicularis*, *Astelia pumila* o *Gaimardia australis*, en la que también se puede observar *Lepidothamnus fonkii*; 2) las turberas con drenaje, que son sectores pantanosos dominado en el estrato arbóreo por *Nothofagus antarctica* y *Pilgerodendron uviferum* y el arbustivo por *Chilotrichum diffusum*, *Pernettya mucronata*, *Escallonia serrata*; 2) la vegetación de los cursos de agua temporarios en la que se observa montículos aislados de *Donatia fascicularis* y colonias de *Caltha appendiculata* en el cauce mismo; 3) las turberas de *Sphagnum magellanicum* con grandes montículos de color amarillento, en las que se presentan también *Carex microglochin*, *Carex curta*, *Hymenophyllum-peltatum*, *Pernettya mucronata*, *Empetrum rubrum*, *Baccharis patagonica* y *Nothofagus betuloides*; 4) las turberas de *Marsippospermum grandiflorum*, especie que cubre el 100% del suelo empantanado, donde crecen también individuos de *Nothofagus betuloides*, *Chilotrichum diffusum*, *Pernettya mucronata*; 5) la vegetación en cojines en pedregales de cimas y laderas, representada por las asociación *Bolaco-Phyllachnetalia* que son turberas dominadas por *Gaimardia australis*, *Bolax caespitosa* y *Phyllachne uliginosa*; y la asociación

*Azorello-Phyllachnetum uliginosi* caracterizada por la presencia de *Azorella selago*, *Lycopodium albofii* y *Abrotanella trichoacaenia*; 6) las turberas de cojines muy densas dominadas por *Astelia pumila* (asociación *Astelio-Phyllachnetum uliginosi*) que se encuentran dominadas por *Astelia pumila* y *Bolax caespitosa*; 7) las turberas con pequeños árboles en pedregales (asociación *Lomatia-Dacrydium fonckii*) en que se encuentran en forma abundante *Lepidothamnus fonkii* y ejemplares pequeños y deformados de las especies arbóreas de *Lomatia ferruginea*, *Nothofagus betuloides*, *Nothofagus antarctica* y *Pilgerodendron uviferum*; 8) las turberas de altura cubiertas por agua de origen nival (asociación *Rostkovieta magellanici*), ubicadas en el límite de la nieve permanente, y dominadas por *Rostkovia magellanica* y el musgo *Dicranoloma robustum*; 9) las turberas cubiertas periódicamente por agua pluvial (asociaciones *Ranunculo-Rostkovieta magellanici* y *Scirpo-Drepanochladetum*), las que luego se secan paulatinamente, y que están dominadas por *Ranunculus trullifolius* y *Scirpus californicus* var. *tereticulmis*.

Según Gajardo (1994), humedales anegadizos en la Patagonia se encuentran incluidos en la Región del Bosque Siempreverde y de las Turberas, en la que se presentan las comunidades de arbustos altos, ralos, turbosos de *Pilgerodendron uviferum* – *Tepoalia stupularis*, *Pilgerodendron uviferum* – *Astelia pumila*, *Nothofagus betuloides* – *Hierochloa redolens*, comunidades pratenses turbosas de *Juncus procerus* – *Lotus corniculatus*, comunidades turbosas de *Bolax gummiifera* – *Pernettya pumila*, *Empetrum rubrum* – *Bolax caespitosa*, *Astelia pumila* – *Donatia fascicularis*, *Oreobolus obtusangulus* – *Empetrum rubrum*, *Empetrum rubrum* – *Azorella caespitosa*, *Empetrum rubrum* – *Marsippospermum grandiflorum* y comunidades turbosas musgosas de *Empetrum rubrum* – *Sphagnum magellanicum*.

Roig y Roig (2004), caracterizan botánicamente comunidades vegetales productoras de turba, especialmente en Tierra del Fuego. Los turbales fueron

clasificados en praderas turbosas, vegas o mallines y turberas. En las praderas turbosas las gramíneas y ciperáceas son importantes, presentándose comunidades de pastizales de *Trisetum tomentosum*, de *Trisetum spicatum* y *H. pubiflorum*, de *Agrostis inconspicua*, praderas húmedas de *Deschampsia kingii*, de *Deyeuxia poaeoides*, de *Poa flabellata*, de *Carex curta*, de *Carex atropicta*, de *Carex magellanica* y *Carex vallis-pulchrae*, juncales de *Marsippospermum grandiflorum*, de *Juncus scheuchzerioides*, praderas densas dominadas por *Gunnera magellanica*, y de *Acaena magellanica*. Las vegas o mallines están temporal o permanentemente saturadas da agua, con presencia de comunidades dominadas por vegetación herbácea e higrófitica, tales como las comunidades de *Deschampsia antarctica*, *Carex decidua*, *Carex gayana* y de *Juncus buffonius*. Las turberas, por otro lado, son ambientes con gran acumulación de turba, destacándose la turbera pluvial de *Donatia fascicularis*, la turbera dura de *Astelia pumila*, la turbera de *Rostkovia magellanica*, la turbera minerotrófica de *Sphagnum fimbriatum* y la turbera de *Sphagnum magellanicum*.

Luebert y Piscoff (2006), en la “Sinopsis Bioclimática y Vegetacional de Chile” indican y caracterizan cuatro complejos de comunidades turbosas para la Patagonia Chilena. 1) Las turberas templadas costeras dominadas por *Donatia fascicularis* y *Oreobolus obtusangulus*, en las que se puede encontrar *Astelia pumila* y *Tetroncium magellanicum* en las fases más húmedas y árboles de *Nothofagus betuloides* y *Pilgerodendron uviferum* en las fases más secas. 2) Las turberas antiboreales costeras dominadas por *Astelia pumila* y *Donatia fascicularis*, las que también están asociadas a la presencia de *Schoenus antarcticus*, *Marsippospermum grandiflorum* y *Carex alpina*. 3) Las turberas antiboreales costeras dominadas por *Bolax bovei*, *Phyllachne uliginosa* y *Astelia pumila*. 4) Las turberas templadas-antiboreales interiores dominadas por *Sphagnum magellanicum* y *Schoenus antarcticus*, son comunidades turbosas que se encuentran dominadas por musgos esfagnosos (*Sphagnum magellanicum*, *Sphagnum fimbriatum*),

plantas juncoides (*Marsippospermum grandiflorum*) y *cyperoides* (*Schoenus antarcticus*).

## CONCLUSIONES

Los humedales poseen numerosas funciones ambientales y ecológicas, relacionadas fundamentalmente con el ciclo hidrológico, y son el hábitat permanente o transitorio de numerosas especies de fauna silvestre. Los humedales tienen un funcionamiento complejo que depende estrechamente de las fluctuaciones de las variables meteorológicas y son, por lo tanto, muy sensibles a los efectos del cambio climático.

En la actualidad el uso de la tierra, la introducción de especies exóticas y la interacción de éstos con el cambio climático, constituyen las variables de mayor impacto sobre estos ambientes patagónicos.

En la Patagonia Chilena, la mayoría de los humedales son turberas (humedales anegadizos), en las que se encuentran presentes una gran variedad de comunidades vegetales. Sin embargo, muchos de ellos ya han sido alterados para el establecimiento de praderas artificiales, se han drenado o se han desarrollado explotaciones comerciales de turba utilizando métodos primitivos de extracción.

No obstante, actividades que contribuyen al producto nacional y al bienestar de la localidad como la agricultura, el pastoreo, el uso de los bosques, la pesca, el turismo, la caza deportiva, son dependientes totalmente de la mantención del carácter ecológico de los humedales.

Por tal motivo, es importante hacer un manejo adecuado de estos ecosistemas, reduciendo el impacto de las explotaciones y de los usos inadecuados, y diseñando planes de conservación y gestión sustentable, para poder influir en la regulación de las actividades antrópicas que sobre ellos existen.

## BIBLIOGRAFÍA

- CLAUSEN J.C., ORTEGA I.M., GLAUDE C.M., RELYEA R.A., GARAY G., GUINEO O. 2006. Classification of wetlands in a Patagonian National Park, Chile. *Wetlands* 26(1): 217-229.
- CONAF (Corporación Nacional Forestal). [en línea]. Definiciones del Catastro y Evaluación de los Recursos Vegetacionales Nativos de Chile. Disponible en [http://otros.conaf.cl/?page=home/contents&seccion\\_id=331aff350993c9e897fcb2734f002b97&unidad=0&](http://otros.conaf.cl/?page=home/contents&seccion_id=331aff350993c9e897fcb2734f002b97&unidad=0&) Citado el 15 de junio de 2010.
- CONAF (Corporación Nacional Forestal, CL), CONAMA (Comisión Nacional del Medio Ambiente, CL), BIRF (Banco Internacional de Reconstrucción y Fomento, USA), Universidad Austral de Chile, Pontificia Universidad Católica de Chile, Universidad Católica de Temuco. 1999. Proyecto Catastro y Evaluación de Recursos Vegetacionales Nativos de Chile. Informe Regional Duodécima Región. Santiago, Chile. CONAF.
- ERWIN K.L. 2009. Wetlands and global climate change: the role of wetland restoration in a changing world. *Wetlands Ecol. Manage.* 17:71-84.
- GAJARDO, R. 1994. La Vegetación Natural de Chile. Clasificación y distribución geográfica. Editorial Universitaria. Santiago, Chile.
- GANDULLO R., FAGGI A.M. 2005. Interpretación sintaxonómica de los humedales del noroeste de la provincia de Neuquén, Argentina. *Darwiniana* 43: 10-29.
- HAUENSTEIN E., GONZÁLEZ M., PEÑA-CORTÉS E., MUÑOZ-PEDREROS A. 2005. Diversidad vegetal en humedales costeros de la región de la Araucanía. In: Smith-Ramírez C., Armesto J.J., Valdovinos C. (Eds.) *Historia, Biodiversidad y Ecología de los Bosques Costeros de Chile*. Editorial Universitaria, Santiago, Chile. pp. 197-205.
- LUEBERT F., PLISCOFF P. 2006. Sinopsis Bioclimática y Vegetacional de Chile. Editorial Universitaria. Santiago, Chile.

- MITSCH W.J., GOSSELINK J.G. 2007. Wetlands. John Wiley & Sons, Inc., New Jersey, USA.
- Montaldo P. 1976. Análisis ecológico de mallines de Aysén. *Agro Sur* 4(2): 106—110.
- PISANO E. 1977. Fitogeografía de Fuego - Patagonia Chilena. I Comunidades vegetales entre las latitudes 52° y 56° S. *Anales Instituto Patagonia* 8: 121-250.
- RAMÍREZ C., SAN MARTÍN C. 2008. Ecosistemas dulceacuícolas. In: CONAMA. Biodiversidad de Chile, Patrimonio y Desafíos. Ocho Libros Editores, Santiago de Chile. pp. 106-116.
- RAMÍREZ C., SAN MARTÍN C., SAN MARTÍN J. 1995. Estructura florística de los bosques pantanosos de Chile sur-central. In: Armesto J.J., Villagrán C., Arroyo M.K. (Eds.) *Ecología de los Bosques Nativos de Chile*. Editorial Universitaria, Santiago, Chile. pp. 215-234.
- ROIG F.A., FAGGI A.M. 1985. Transecta Botánica de la Patagonia Austral. Análisis geobotánico de la vegetación (with English translation by D.M. Moore). CONICET. Buenos Aires, Argentina.
- ROIG C., ROIG F.A. 2004. Consideraciones generales. In: Blanco D.E., de la Balze V.M. (Eds.) *Los Turbales de la Patagonia: Bases para su inventario y la conservación de su biodiversidad*. Publicación N° 19. Wetlands International. Buenos Aires, Argentina. pp. 5-21.
- ROIVAINEN H. 1954. Studien über die Moore Feurlands. *Annales Botanici Societatis Zoologicae Botanicae Fennicae*. Vanamo. 28(2): 1-205.
- SCHLATTER R.P., SCHLATTER J.E. 2004. Los turbales de Chile. In: Blanco D.E., de la Balze V.M. (Eds.) *Los Turbales de la Patagonia: Bases para su inventario y la conservación de su biodiversidad*. Publicación N° 19. Wetlands International. Buenos Aires, Argentina. pp. 75-79.
- SCHMITHÜSEN J. 1956. Die räumliche Ordnung der chilenischen Vegetation. *Bonner Geographische Abhandlungen* 17: 1-86.
- SECRETARÍA DE LA CONVENCIÓN RAMSAR. 2006. Manual de la Convención de Ramsar: Guía a la Convención sobre los Humedales (Ramsar, Irán, 1971). 4ª Edición. Secretaría de la Convención de Ramsar, Gland, Suiza. En: [http://www.ramsar.org/cda/es/ramsar-pubs-manual/main/ramsar/1-30-35\\_4000\\_2\\_\\_](http://www.ramsar.org/cda/es/ramsar-pubs-manual/main/ramsar/1-30-35_4000_2__)
- SKOTTSBERG C. 1916. Botanische Ergebnisse der schwedischen Expedition nach Patagonien und dem Feuerlande 1907-1909. V. Die Vegetationsverhältnisse längs der Cordillera de los Andes s. von 41° S. Br. Ein Beitrag zur Kenntnis der Vegetation in Chiloé, Westpatagonien, dem Andinen Patagonien und Feuerland. *Kungl. Svenska Vetenskapsakademiens Handlingar* 56(5): 1-366.
- WALENTOWSKI H., LOTSCH H., MEIER-UHLHERR R. 2008. Moore und Klimawandel. *LWF aktuell* 67: 44-47. ■



# UNA EXPERIENCIA EXITOSA EN FORESTACIÓN CON ESPECIES DEL BOSQUE MEDITERRANEO

Álvaro González Guerrero <sup>(1)</sup>, Cristian Fuentes Raffaele <sup>(2)</sup>, Fernando Azúa Canales <sup>(3)</sup>

(1) MBA-Ing. Forestal, Asemafor Limitada. – agonzalez@asemafor.cl

(2) MSC -Ing. Forestal, Asemafor Limitada. – cfuentes@asemafor.cl

(3) Ing. Forestal, Asemafor Limitada. – fazua@asemafor.cl

## INTRODUCCIÓN

De acuerdo al catastro de recursos vegetacionales nativos de Chile (CONAF-CONAMA, 1999), nuestro país cuenta con aproximadamente 13,4 millones de hectáreas de bosque nativo, de ellas sólo un 2,6% corresponde a vegetación clasificada dentro del tipo forestal esclerófilo o mediterránea, es decir, unas 345 mil hectáreas. De ésta última, un 25% aproximadamente (86.857 há) se encuentra en la Región Metropolitana de Santiago, en donde la mayor parte de la vegetación corresponde al sub tipo forestal Peumo-Quillay y Litre (86.610 há) (CONAF-CONAMA, 1999).

No obstante, existen diversos factores que conllevan a la pérdida de dicha vegetación en la Región Metropolitana, siendo los más frecuentes: los cambios en el uso de suelo, la habilitación de terrenos para la agricultura, la expansión urbana y la ejecución de obras civiles, afectando en menor grado los dos factores finales.

Respecto a éstos últimos, la legislación vigente (D.L. 701 y Ley 20.283, sobre recuperación del bosque nativo y fomento forestal), indica que al realizar una obra civil en la que sea necesaria la corta de bosque nativo o de plantaciones forestales situadas en terrenos

de aptitud preferentemente forestal, se debe realizar un plan de manejo de corta y reforestación para la ejecución de dicha obra, con el cual se asume el compromiso de forestar una superficie, a lo menos, igual a aquella intervenida por el proyecto, la que deberá estar localizada en un sector desprovisto de vegetación arbórea, ubicado en un sector con características ecológicas similares a las existentes en el lugar de la intervención.

En este contexto, nuestra empresa, Asemafor Ltda., dedicada a entregar soluciones sustentables en materias relacionadas con los recursos naturales, y en particular brindar servicios forestales y ambientales, ha ejecutado un proyecto de compensación por la corta de 6,7 ha. de bosque nativo, de tipo esclerófilo, producto de la construcción del edificio de Postgrado de la Universidad Adolfo Ibáñez, en la Comuna de Peñalolén, del cual se han obtenido interesantes resultados, los que se exponen en la presente publicación.

## CARACTERÍSTICAS AMBIENTALES DE LA REGIÓN METROPOLITANA (RM)

La Región Metropolitana se ubica en la cuenca del río Maipo, donde se distinguen tres regímenes hidrológicos: nival, nivopluvial y pluvial, los que

determinan el escurrimiento de los recursos hídricos en las diferentes estaciones del año.

Respecto de los suelos, de la Región Metropolitana, el 70% de la superficie está clasificado en la categoría VII, de acuerdo a la capacidad de uso y representan territorios con alta fragilidad ambiental, siendo los suelos de laderas de cerros los que revisten un mayor peligro. Cabe señalar que las principales amenazas identificadas para estos suelos son: la erosión por pérdida de vegetación, el pastoreo excesivo y la extracción de tierra de hojas (SINIA, 2009). Asimismo, otro factor de importancia es la expansión de la ciudad con actividades urbanas, que entre los años 1990 y 2000 cubrieron cerca de 40.000 hectáreas, trayendo como consecuencia la degradación del recurso suelo y con éste último, la disminución de la cobertura vegetal.

Los órdenes de suelos varían de acuerdo a su origen y composición, estando presentes en la RM, de acuerdo a CONAMA (2002) y SINIA (2009):

- Alfisoles: Suelos de climas húmedos y subhúmedos, con un porcentaje de saturación de bases superior al 35% y horizonte argílico (acumulación aluvial de arcillas). Presentan buen desarrollo de horizontes, son ácidos y se caracterizan por tener alto contenido de arcillas.
- Entisoles: Suelos minerales recientes, con muy escaso desarrollo, corresponden a suelos delgados sobre rocas o en pendientes abruptas (litosoles).
- Mollisoles: Suelos profundos, con mayor desarrollo de horizontes y abundante materia orgánica. Se encuentran principalmente en el valle central, posee un porcentaje de saturación de bases superior al 50%. Suelos altamente productivos.
- Vertisoles: Normalmente son suelos de relieves planos y con régimen hídrico de difícil manejo, que presentan más de 30% de arcillas, por lo que se contrae o dilata según las reservas de agua que tenga disponibles.
- Misceláneos: Sectores en los que no hay suelo o bien es incipiente. También, puede tratarse

de sectores inaccesibles, con pendientes pronunciadas, en donde el suelo es de escaso desarrollo.

## CARACTERÍSTICAS DEL ÁREA DE INTERVENCIÓN

La superficie del proyecto se encuentra geográficamente dentro de la Comuna de Peñalolén, específicamente en el extremo Este, entre los 1.000 y 1.100 m.s.n.m., teniendo como coordenada de referencia el punto X: 359.162 e Y: 6.293.477 (WGS84-GOOGLE EARTH). Está en una situación transicional, entre la unidad geomorfológica denominada Pie de Monte y la Precordillera Andina, dominado por el macizo de Ramón, unidad montañosa de fuerte pendiente y de superficie rocosa, constituida por estratos volcánicos correspondiente a la formación "Abanico". (PLADECO 2005-2009)

El área de intervención esta inserta entre dos quebradas, la de Macul, cuya cuenca hidrográfica esta delimitada por la divisoria de aguas de los Cerros de San Ramón y por una quebrada de menor dimensión, Lo Hermida, cuya prolongación natural hacia la cuenca de Santiago constituye Avenida Grecia (PLADECO 2005-2009). Sólo la primera de ellas presenta un caudal permanente, estimado entre 35 y 60 m<sup>3</sup>/s, mientras que la segunda presenta un caudal estacional estimado entre 1,6 a 2,3 m<sup>3</sup>/s.

Predomina un clima templado cálido, de tipo continental, caracterizado por presentar un período seco de 7 a 8 meses. Los veranos son muy secos, con temperaturas que en ocasiones sobrepasan los 30 °C, en tanto que la oscilación térmica del mes más cálido (Enero), es de 17,3 °C, mientras que para el mes más frío (Julio), es de 10 °C.

De acuerdo a Santibáñez (1990), posee un irregular régimen de precipitaciones, concentradas en los meses de otoño e invierno, con un promedio superior a los 450 mm, medidos en la estación pluviométrica Antupirén. (Tabla 1)

Variable	Valor o rango	Unidad de medida
Precipitación media anual	*468	mm/año
Temperatura máxima (enero) y mínima (Julio)	28,2- 4,4	°C
Evapotranspiración potencial (meses enero y julio)	174-25	mm
Período seco	8	meses
Déficit hídrico anual	997	mm
Número de heladas	> 11	días

**Tabla 1. Valores de la Variables climáticas presentes en el sitio de intervención.\*  
Estación Pluviométrica Antupirén período 1980-2003 (Santibáñez, 1990).**

Presenta pendientes moderadas de 11 a 22%, y su sustrato es de origen aluvial y volcánico. El suelo es relativamente rudimentario. Al respecto Álvarez (2008), citando a Prado (1997), indica que la evolución de estos suelos es muy limitada, siendo claramente visibles las características y propiedades del material parental, lo que los hace pertenecer al orden de los entisoles, caracterizados por un bajo desarrollo, provenientes de depósitos recientes, o suelos muy delgados sobre rocas o en pendiente fuerte. Dada la escasa acumulación de materia orgánica, corresponden a suelos conocidos como Litosoles y Regosoles (Horizonte C).

### CONSIDERACIONES ECOLÓGICAS Y VEGETACIONALES

En el área de estudio existe un matorral esclerófilo arbóreo, compuesto por especies dominantes como: *Quillaja saponaria* (Quillay) y *Lithrea caustica* (Litre). En los sectores de mayor altitud es posible encontrar a *Kageneckia oblonga* (Bollén), mientras que en sectores más húmedos se puede encontrar ejemplares de *Cryptocarya alba* (Peumo). La vegetación acompañante está compuesta por las especies arbustivas *Trevoa trinervis* (Tebo), *Cestrum parqui* (Palqui), *Colliguaja odorifera* (Colliguay), *Schinus polygamus* (Huingán), *Solanum tomatillo* (Tomatillo) y *Muehlenbeckia hastulata* (Quilo). En las laderas de exposición norte y noroeste se encuentran más abundantemente comunidades de *Acacia caven* (Espino).

Según Álvarez (2008), en el área de intervención, es posible encontrar tres formaciones vegetales: bosque semidenso, ubicado en el área de quebradas, un matorral semidenso y un matorral abierto. El bosque semidenso está asociado a los cursos de agua, preferentemente ocupa fondo de quebradas y sectores bajos con condiciones de humedad más favorables, lo que permite desarrollar una cubierta arbórea con estratos que oscilan entre 4 y 12 m de altura. El matorral arborescente por su parte, corresponde a una fase intermedia entre el bosque y el matorral, donde existen mejores condiciones ambientales que en el matorral típico de la zona, por lo que las especies arbustivas alcanzan un mayor desarrollo en altura, la que junto a los individuos de hábito arbóreo, conforman una estrata arborescente con coberturas entre 10 y 50 %. Finalmente, el matorral corresponde a una formación leñosa baja donde predominan los arbustos. Existen pocos árboles o son inexistentes. Es común que bajo el dosel arbustivo exista una estrata herbácea formada por gramíneas, con distintas densidades dependiendo del sector y de la cantidad de luz.

De acuerdo al estudio realizado por Luebert y Pliscoff (2006), la zona de estudio coincide con la descripción realizada para los pisos vegetacionales N° 33 y 41, correspondiendo el primero a un Bosque Esclerófilo Mediterráneo Andino de Quillay y Litre, mientras que el segundo es un Bosque Espinoso Mediterráneo Andino de Espino y Romerillo (*Baccharis paniculata*). De acuerdo a las bases cartográficas

disponible en SINIA, el área de forestación está localizada geográficamente dentro del piso N° 41, pero es posible apreciar en terreno que existe una mezcla de elementos florísticos de ambos pisos vegetacionales, lo que indicaría una zona de transición entre ambos.

## EXPERIENCIA EN LA UNIVERSIDAD ADOLFO IBÁÑEZ

- Preámbulo

Cabe señalar que según su definición legal “la forestación” corresponde a “la acción de poblar con especies arbóreas o arbustivas terrenos que carezcan de ellas, o que estando cubiertos de dicha vegetación, ésta no sea susceptible de ser manejada, para constituir una masa arbórea o arbustiva con fines de preservación, protección o producción”.

Si bien no se lleva un registro detallado de las plantaciones con especies del bosque esclerófilo, de acuerdo a cifras de INFOR, en el año 2008, en la Región Metropolitana fueron forestadas 32 ha, categorizadas como “con otras especies”, es decir, diferentes a Pino (*Pinus radiata*) o Eucalipto (*Eucalyptus globulus*), por lo que podrían estar referidas a especies del tipo esclerófilo.

En este contexto, la forestación fue llevada a cabo mayoritariamente en el año 2007, en el período invernal, en sectores que satisfacían los requerimientos legales (ser áreas forestables), insertos dentro de la misma zona de emplazamiento de la sede universitaria. Lo anterior, reafirma la preocupación por parte de los propietarios, de la Universidad, por reponer la vegetación nativa existente en el lugar, la cual irremediablemente tuvo que ser removida por efectos de la construcción del edificio de postgrado.

- Selección de especies

La selección de las especies, para la realización de la forestación, consideró en primer lugar, la evaluación de las condiciones edafoclimáticas. En este sentido, las principales restricciones presentadas

en el área del proyecto son: el pobre desarrollo del suelo, la extrema aridez en la época estival y la limitada disponibilidad hídrica, todos los cuales, se transformaron desde un inicio, en los factores de mayor complejidad para el adecuado establecimiento de la plantación.

Dada la escasa información existente sobre plantaciones de este tipo de vegetación, el análisis de la flora existente se transforma en una referencia prioritaria a considerar para la selección de las especies. Al respecto, por estar situados en un sector de transición entre dos pisos vegetacionales, de acuerdo al análisis de Luebert y Pliscoff (2006), existe fuerte presencia de individuos de Espino, mezclados con ejemplares de Quillay, Litre y Huingán, entre los más comunes (Figura 1). Por lo anterior, dichas especies fueron seleccionadas con el fin de mantener el tipo de vegetación en el área de intervención. Adicionalmente, se estudió la incorporación de otras especies menos comunes para enriquecer la composición florística, razón por la cual se incluyó a Molle (*Schinus latifolius*) y Maitén (*Maitenus boaria*).



Figura 1. Entorno del sitio de reforestación.

- Preparación de sitio y plantación

Dado el sector de emplazamiento de la plantación fue necesaria la construcción de un cerco perimetral para evitar la entrada de animales frecuentes en el pastoreo de la zona (ganado bovino, equino y otros), para lo cual se utilizó un cerco de 3 hebras.

Considerando las condiciones presentadas en el sitio de la forestación, donde una de las limitantes es la pendiente y el escaso desarrollo del suelo, la construcción de casillas de plantación se realizó manualmente, sin utilizar medios mecánicos para evitar procesos erosivos.

Posteriormente, se procedió a la limpieza del entorno de cada una de las casillas construidas, con herramientas manuales, con el objeto de mantener controlada la maleza desde el inicio. De este modo, se eliminó la competencia potencial por nutrientes y agua, aumentando la probabilidad de establecimiento de los ejemplares dispuestos.

Las casillas de plantación fueron de aproximadamente de 40 x 40 x 50 de profundidad, con una pared para contención de agua, dispuesta en contra de la pendiente, de alrededor de 10 a 15 cm de altura (Figura 2A). El distanciamiento utilizado fue de 3 x 2,1 m (Figura 2B).

El siguiente paso correspondió a la plantación de los individuos, instante en el que fueron regados con aproximadamente 3 a 4 litros de agua por planta.

Con la finalidad de proteger contra agentes de daño existentes en la zona, tales como lagomorfos y roedores, se instaló malla "hexagonal" a cada planta (Figura 3).



**Figura 3. Ejemplar de quillay plantado en casilla con malla de protección.**



**Figura 2. Esquema inicial de plantación. (A) Casilla de plantación y (B) Distanciamiento utilizado**

- Establecimiento y crecimiento de las especies  
Para asegurar el establecimiento de la plantación fue necesario el suministro permanente de agua durante el período estival, dadas las altas temperaturas que se alcanzan en ésta época. Para ello se contó con el compromiso de la Universidad, quienes facilitaron cinco estanques de almacenamiento de agua de 2.000 litros, con los que fue posible establecer un sistema de riego empleando mangueras de 32 mm.

De esta forma fue posible que la plantación sobrelleva de mejor manera los períodos estivales iniciales (Figura 4A), logrando un crecimiento posterior considerable, sobretodo en los sectores con mejores condiciones (Figura 4B).

No obstante, la existencia de sectores con distintas pendientes, las que varían entre un 5% y



**Figura 4. Vista del sector N° 2 en abril (A) de 2008 y (B) de 2010.**



**Figura 5. (A) Estanque de riego y (B) Faena de riego en sector con pendiente**

un 30%, hacen que la faena de riego sea un proceso difícil y local, el que debió ser ajustado para cada situación. Por tal motivo, los estanques de riego fueron preferentemente ubicados en sector altos para facilitar la presión de salida del agua (Figura 5A) y el riego manual a cada árbol (Figura 5B).

Actualmente, las plantas se encuentran “aclimatadas” a la condiciones imperantes en el área de la forestación, por tanto las labores de mantenimiento corresponden a la limpieza de vegetación competidora, arreglo de mallas de protección, arreglo de casillas deterioradas producto de la erosión hídrica, riego de los individuos en las temporadas críticas de restricción hídrica, y últimamente, se han adicionado a las labores culturales, en los sectores de mejor crecimiento, podas de formación, control de malezas y plagas.

- Problemas y soluciones propuestas

Los principales problemas sorteados para alcanzar el éxito de la plantación, fueron variados, desde destrucciones del cerco perimetral, de estanques de riego y plantas por la construcción de un camino en la parte superior del área de forestación, hasta enfrentar condiciones extremas invernales (nieve) y estivales (altas temperaturas). Asimismo, el ingreso de diversos animales como caballos y bovinos, y el ataque de lagomorfos como conejos y liebres fueron otros de los factores causantes de mortalidad en la plantación.

En el primer caso, lo primordial fue el arreglo de los cercos y el reforzamiento con mayor cantidad de hebras de alambre púa; en el caso del segundo factor la principal acción correspondió al arreglo y reforzamiento de la malla de protección, apoyado con la instalación de trampas (huaches), en distintos



**Figura 6. Condición actual de la plantación. (A) Sector de mayor crecimiento y (B) Panorámica Plantación versus vegetación natural.**

puntos de la forestación, sumado a todas las labores culturales que se siguen desarrollando para asegurar el crecimiento de los individuos.

- Situación actual de la plantación

Transcurridos 3 años desde el momento de la plantación y habiendo solucionado con relativo éxito los inconvenientes mencionados anteriormente, puede decirse que de modo general, las plantas se encuentran en muy buen estado, se han adaptado a las condiciones imperantes, ayudadas en los períodos más secos y por ende, han alcanzado un nivel de crecimiento bastante auspicioso (Figura 6A), el que llega a ser mayor a 2 m de altura en los sectores con mejores condiciones para el desarrollo (principalmente la pendiente del terreno y condiciones de suelo).

Lo anterior se ve reflejado en una vista panorámica (Figura 6B), en la que se aprecia una clara diferencia entre la plantación y la vegetación natural del sector.

### **BENEFICIOS Y EXTERNALIDADES POSITIVAS ASOCIADAS AL ESTABLECIMIENTO DE UNA COBERTURA ARBÓREA EN LA REGIÓN METROPOLITANA.**

De acuerdo a Hernández (2008), existe una clara heterogeneidad en la distribución de la cobertura

arbórea presente en las comunas de la Región Metropolitana, existiendo un claro gradiente desde el sector nororiente (con valores próximos a 50%), hasta los sectores sur, este y norte (con valores bajo el 10%), siendo 22,3% el valor aproximado de cobertura arbórea para la comuna de Peñalolén.

Mantener y aumentar dicho porcentaje implica, de acuerdo a diversos estudios, una serie de beneficios entre los que destacan: la conservación del agua, la reducción de los niveles de CO<sub>2</sub> atmosféricos, el ahorro de energía por conceptos de barrera térmica en invierno y moderador de temperatura en verano, la disminución de la escorrentía pluvial y las inundaciones, la reducción de los niveles de ruido, y el suministro de un hábitat para la fauna silvestre.

En el caso de la forestación con especies del bosque esclerófilo mediterráneo, existen aún más consideraciones positivas al respecto del establecimiento de plantaciones de este tipo, como la conservación de la biodiversidad. Un ejemplo de ello es la frecuente incorporación de Quillay a los programas de forestación urbana en diversas comunas.

Para finalizar, una atractiva externalidad positiva asociada a este tipo de plantaciones, en especial la llevada a cabo por nuestra empresa, a petición de la Universidad Adolfo Ibáñez, es la belleza escénica. Al

respecto, estudiar en un entorno rodeado de vegetación es una cualidad reconocida por los estudiantes, quienes constantemente realizan caminatas y recorridos por los alrededores, destacando el valor escénico que la vegetación nativa otorga al lugar.

## BIBLIOGRAFÍA

- ÁLVAREZ, S. 2008. Caracterización Florística y Proposición de una Tipología de la Vegetación para la Pre-Cordillera Andina de Santiago. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Forestales. Memoria Ing. Forestal. Santiago, Chile. 96 p.
- CONAF-CONAMA-BIRF. 1999. Catastro y Evaluación de Recursos Vegetacionales Nativos de Chile. Informe Nacional con Variables Ambientales. P. 68. URL: [http://otros.conaf.cl/cd\\_uso\\_suelos/nacional.pdf](http://otros.conaf.cl/cd_uso_suelos/nacional.pdf)
- CONAF-CONAMA-BIRF. 1999. Catastro y Evaluación de Recursos Vegetacionales Nativos de Chile. Informe Regional Región Metropolitana. P. 150. URL: [http://otros.conaf.cl/cd\\_uso\\_suelos/regm.pdf](http://otros.conaf.cl/cd_uso_suelos/regm.pdf)
- CONAMA. 2002. Suelos Región Metropolitana. Publicación del Área de Ordenamiento Territorial y Recursos Naturales, CONAMA Región Metropolitana. URL: [http://otros.conaf.cl/cd\\_uso\\_suelos/regm.pdf](http://otros.conaf.cl/cd_uso_suelos/regm.pdf)
- HERNÁNDEZ, H. 2008. La Situación del Arbolado Urbano en Santiago. En revista electrónica de Urbanismo, N° 18. Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Universidad de Chile. Santiago, Chile. URL: [http://revistaurbanismo.uchile.cl/CDA/urb\\_completa/0,1313,ISID%253D734%2526IDG%253D2%2526ACT%253D0%2526PRT%253D21177,00.html#](http://revistaurbanismo.uchile.cl/CDA/urb_completa/0,1313,ISID%253D734%2526IDG%253D2%2526ACT%253D0%2526PRT%253D21177,00.html#)
- INFOR, 2008. Superficie de Bosques Plantados por especie y Región 2008. Sección Series y Estadísticas. URL: [http://www.infor.cl/archivos/series\\_estadisticas/recurso5.pdf](http://www.infor.cl/archivos/series_estadisticas/recurso5.pdf)
- LUEBERT, F Y P. PLISCOFF. 2006. Sinopsis Bioclimática y Vegetacional de Chile. Editorial Universitaria. Santiago, Chile. 316 pp.
- PLADECO, 2005-2009. Plan de Desarrollo Comunal de Peñalolén, período 2005-2009. URL: <http://www.penalolen.cl/fileadmin/Documnetos/PLADECO.pdf>
- SANTIBAÑEZ, F Y J. URIBE. 1990. Atlas Agroclimático de Chile. Regiones V y Metropolitana. Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. Laboratorio de Agroclimatología. Depto. de Ingeniería y Suelos.
- SINIA, 2009. Diagnóstico de los Suelos en la Región Metropolitana. URL: [http://www.sinial.cl/1292/articles-39511\\_pdf\\_suelo.pdf](http://www.sinial.cl/1292/articles-39511_pdf_suelo.pdf) ■



# INTERVENCIONES SILVICULTURALES EN FORMACIONES XEROFÍTICAS Y ARBÓREAS. PROVINCIA EL LOA. REGIÓN DE ANTOFAGASTA

Antonio Vita<sup>1</sup>, Andrea Choque, María Teresa Serra, Miguel Castillo, Iván Grez, Griselda Lemus.  
(1) Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Forestales y Conservación de la Naturaleza. avita@uchile.cl

## INTRODUCCIÓN

Desde el año 2004, la Facultad de Ciencias Forestales y Conservación de la Naturaleza ha venido desarrollando diversas actividades en convenio con la Corporación Nacional Forestal (CONAF), Región de Antofagasta. Es así como, durante el año 2009 se inició un nuevo estudio titulado "Propagación, revegetación y manejo de plantas de uso medicinal, forrajero y combustible susceptibles de bonificación según las especificaciones de la Ley de Bosque Nativo en la Provincia El Loa". Como parte de este trabajo se instalaron ensayos de tratamientos silviculturales en tres lugares de la Provincia que representan distintas condiciones ecosistémicas de la zona. El propósito de este artículo es mostrar las intervenciones realizadas y los primeros resultados obtenidos.

## CARACTERIZACIÓN AMBIENTAL DEL ÁREA DE ESTUDIO

En la Provincia El Loa, se pueden distinguir dos grandes unidades ecológicas: el Desierto Absoluto Interior, propiamente tal, en todo el margen occidental de la provincia, hasta los 3.000 msnm; y el Altiplano,

en el margen oriental, a altitudes superiores (\*) (Figura 1).



Figura 1: *Desierto absoluto interior. Al fondo, altiplano.*

Entre los 2.000 y los 3.000 msnm se presenta el Clima Desértico Frío (Bwk'); caracterizado por precipitaciones que no sobrepasan los 75 mm anuales, y promedio anual de temperaturas de 11,2 °C (aunque la amplitud térmica supera los 20 °C, con mínimas bajo cero en invierno y máximas sobre 30 °C en verano). La ciudad de Calama y el pueblo de Chiu-chiu se encuentran en los márgenes de este clima.

(\*) Gajardo, R (1994): La Vegetación Natural de Chile. Clasificación y Distribución Geográfica. Editorial Universitaria.

Sobre los 3.000 msnm se presenta el Clima de Tundra por Efecto de Altura con Precipitación Estival (ETHw), que se reparten entre los meses de noviembre a marzo, y llegan a propagarse hasta altitudes inferiores.

En general, desde el punto de vista de vegetación, es posible distinguir tres macrozonas:

- Piso del desierto y azonal.
- Piso del tolar.
- Piso altoandino o puna.

En el desierto interior hay ausencia absoluta de vegetación. No obstante, en condiciones donde se dispone de agua de escorrentía proveniente del altiplano, como es el caso de quebradas, salares y chacras se presenta una vegetación azonal con presencia de *Prosopis alba* (algarrobo) y *Geoffroea decorticans* (chañar), como representantes de especies arbóreas (Figuras 2 y 3). Entre los arbustos, se pueden mencionar *Atriplex*, *Baccharis scanden* y, *Tessaria absinthioides*. En esta macrozona, en el margen nororiental del Salar de Atacama, se encuentra una plantación de 520 hectáreas de *Prosopis tamarugo*, establecida por CORFO a comienzo de la década de los 70's (Figura 2).

En el piso del tolar, se distinguen especies de los géneros *Baccharis*, *Ephedra*, *Acantolippia*, *Senecio*, *Fabiana*, *Parastrephia*, entre otras (Figura 4).



**Figura 2: Borde del Salar de Atacama. La mancha oscura alargada que se aprecia al centro de la foto corresponde a la plantación de Tamarugo de Tambillo.**



**Figura 3: Vista parcial de Oasis San Pedro de Atacama con ejemplares de Algarrobo.**



**Figura 4: Tolar en sector de Socaire.**

En el piso altoandino predominan los pajonales constituidos por herbáceas perennes de los géneros *Stipa* y *Festuca* (Figura 5), presentándose también *Senecio*, *Azorella* (llareta) y *Polylepis* (queñoa). En esta altitud se encuentra también los bofedales.

Desde el período prehispánico hasta el presente, el pueblo Atacameño ha demostrado gran capacidad de adaptación al clima desértico y altiplánico. Presenta una alta dependencia de la vegetación, de la cual obtiene alimento, material de construcción, combustible, forraje para sus animales, plantas medicinales, artesanía, miel, ritual.



**Figura 5: Pajonal.**

## INSTALACIÓN DE ENSAYOS

Durante el invierno de 2009 se seleccionaron tres lugares para instalar los ensayos silviculturales, de manera que cada uno se ubicara en una de las tres macrozonas definidas con anterioridad. Esta actividad, al igual que todas las correspondientes al estudio, se realizaron en conjunto con CONAF. Asimismo, los lugares definitivos fueron aprobados por las comunidades atacameñas locales. De este modo, quedaron seleccionadas las siguientes localidades, de norte a sur:

- Ollagüe, sector Causisa.
- Oasis de San Pedro de Atacama, Ayllu de Solor.
- Socaire.

### ***Ollagüe, sector Causisa***

Este sector, representativo del piso altoandino, se encuentra ubicado a más de 4.000 metros de altitud. Fue seleccionado por la abundante presencia de Queñoa, con gran diversidad estructural.

### ***Oasis de San Pedro de Atacama, Ayllu de Solor***

Este sector es representativo de la vegetación azonal de oasis y tiene presencia de Chañar y Algarrobo (Figura 6).

### ***Socaire***

Sector representativo del tolar y dispone de cuatro importantes especies arbustivas utilizadas como

plantas medicinales por las comunidades atacameñas: Rica-rica (*Acantholippia deserticola*), Bailahuén (*Haplopappus rigidus*), Espina blanca (*Adesmia erinacea*) y Pingo-pingo (*Ephedra breana*) (Figuras 7, 8, 9, 10 y 11).



**Figura 6: Vista general del sector con Algarrobo. Ayllu de Solor.**



**Figura 7: Vista general del lugar de ensayo con especies medicinales. Socaire.**



**Figura 8: Ejemplar de Rica-rica (*Acantholippia deserticola*).**



**Figura 9: Ejemplar de Bailahuén (*Haplapappus rigidus*)**



**Figura 10: Ejemplar de Espina blanca (*Adesmia* sp)**



**Figura 11: Ejemplar de Pingo-pingo (*Ephedra* sp).**

En los tres lugares intervenidos, durante el mes de agosto del 2009, se aplicaron tratamientos silviculturales con dos objetivos. En ejemplares arbóreos inmaduros, para mejorar sus condiciones

de crecimiento, se aplicaron clareos y podas. En ejemplares maduros, métodos de cosecha de productos para asegurar la permanencia o regeneración de los individuos.

Cada tratamiento se aplicó a cinco ejemplares, eligiéndose otros cinco, de similares características, como testigo.

Las intervenciones del primer tipo, destinadas a favorecer el crecimiento, en el largo plazo se evalúan mediante el desarrollo de la copa, a través de la elongación de brotes preseleccionados. Las del segundo tipo, destinados a obtener productos y posterior regeneración, se evalúan según la cantidad y vigor del rebrote; como asimismo, cantidad y desarrollo de plántulas. Estas evaluaciones se realizan trimestralmente.

## **RESULTADOS PRELIMINARES**

La primera evaluación de los ensayos se realizó entre los días 16 y 21 de noviembre de 2009. A continuación, se indican los principales resultados obtenidos según lugar.

### ***Ollagüe, sector Causisa***

El ensayo de Queñoa se instaló en el sector Causisa, Comuna de Ollagüe, el 12 de agosto del año en curso. El objetivo del ensayo es evaluar la respuesta de la especie a distintas intervenciones silviculturales, aplicadas en los tres tipos de crecimiento que presenta la especie en este sector: arbustivo, plurifustal y monofustal (Figuras 12, 13 y 14).

Las intervenciones que se aplicaron fueron: Corta total baja, corta a un tercio de altura, poda y, poda-clareo. Los ejemplares arbustivos y plurifustales fueron sometidos a todos los tipos de tratamiento, en tanto que los monofustales, solo a podas (Figuras 15 a 19).



*Figura 12: Ejemplar de Queñoa arbustivo.*



*Figura 13: Ejemplar de Queñoa plurifustal.*



*Figura 14: Ejemplar de Queñoa monofustal.*

En el caso de las cortas totales y corta a un tercio de altura, la respuesta es medida a través de la capacidad de rebrote de los ejemplares; mientras que la poda y clareo, la respuesta se midió a través de cuatro brotes de crecimiento para cada ejemplar intervenido y testigo.



*Figura 15: Ejemplar de Queñoa, sometido a corta total baja.*



*Figura 16: Ejemplar de Queñoa, sometido a corta a un tercio de altura.*



**Figura 17: Ejemplar arbustivo de Queñoa, sometido a clareo y poda.**



**Figura 18: Ejemplar plurifustal de Queñoa, sometido a clareo y poda.**

Además de las intervenciones, se seleccionaron cinco ejemplares de la regeneración natural para registrar altura y diámetro, con el propósito de hacer un seguimiento del comportamiento de estas variables.

En los ejemplares sometidos a clareos-podas y sólo podas, se registró un aumento en la longitud de los brotes, entre 0,06 y 0,58 cm, pero no se apreció diferencia significativa respecto a los testigos. Esto se puede explicar por el corto tiempo transcurrido entre la instalación de los ensayos y la primera evaluación, más aún considerando el crecimiento lento de la especie.

En relación a los cinco ejemplares considerados como regeneración, no se apreció diferencias en ambas mediciones. Sólo un individuo presentó una diferencia de 0,5 cm en altura.

En el caso de los ejemplares sometidos a cortas totales y cortas a un tercio de la altura, la inspección visual de cada uno de los cortes, no evidenció rebrote. Como ya fue mencionado, el tiempo transcurrido entre la instalación del ensayo y la primera evaluación es muy corto, como para concluir respecto de este punto.

#### **Oasis de San Pedro de Atacama, Ayllu de Solor**

En esta localidad se instalaron dos ensayos: chañar y algarrobo.



**Figura 19: Ejemplar monofustal de Queñoa, sometido a poda.**

#### *Chañar*

En esta especie se identificaron dos tipos de crecimiento: mono y plurifustal. Los tratamientos aplicados fueron corta total baja, poda y, clareo-poda (Figura 20).

Durante el primer período de evaluación, hubo un incremento de brotes promedio entre 0,40 y 5,29 centímetros, pero no se aprecia diferencia significativa entre los ejemplares intervenidos y los testigo.



*Figura 20: Ejemplar monofustal de Chañar, sometido a poda.*

### **Algarrobo**

En esta especie también se identificaron ejemplares con tipo de crecimiento monofustal y plurifustal. En el primer caso se aplicaron dos tratamientos: poda y testigo. En los ejemplares de tipo plurifustal también cuentan con dos tratamientos: clareo-poda y testigo (Figuras 21 y 22).

Los resultados de la primera evaluación indicaron que se produjo incremento promedio de brotes que fluctúan entre 0,39 y 2,40 centímetros. Como en los casos anteriores, no se aprecian diferencias



*Figura 22: Clareo y poda en Algarrobo. Antes y después de la intervención.*

significativas entre los ejemplares intervenidos y testigo, probablemente por las razones ya expuestas.



*Figura 21: Algarrobo, antes y después de la poda.*

### **Socaire**

En las cuatro especies en estudio, se aplicaron dos intervenciones: corta total baja y corta a altura media, en ambos casos, para evaluar la capacidad de rebrote. La corta media simula la extracción de hojas y tallos con fines medicinales, por parte de las comunidades indígenas. En este último caso, la respuesta se evaluó a través del crecimiento en diámetro y en altura, ésta, medida en los cuatro puntos cardinales, considerándose, además, un tratamiento testigo.

En las cuatro especies medicinales intervenidas se registra crecimiento tanto en altura como en diámetro de copa, sin presentar diferencias significativas entre los ejemplares intervenidos y los testigos.

### *Rica-rica*

En esta especie el crecimiento en altura es mayor que el crecimiento en diámetro. En el primer caso se registra un promedio de 4,45 centímetros, mientras que el crecimiento en diámetro de copa es de 1,70 centímetros. Esta especie presenta mayor estatura que las otras tres. En cuanto a los ejemplares sometidos a corta total baja, todos los ejemplares presentaron rebrote (Figuras 23 y 24).

### *Bailahuén*

Esta especie registra un mayor crecimiento en diámetro de copa que en altura de los ejemplares. En el primer caso, el promedio obtenido en los ejemplares intervenidos es de 5,00 centímetros, y en los mismos ejemplares el promedio de la altura es de 3,60 centímetros. Esta especie presentó además un 60% de rebrote (Figuras 25 y 26).

### *Espina blanca*

La espina blanca es la más pequeña de las especies intervenidas. Como los casos anteriores, muestra crecimiento en altura y diámetro de copa, siendo mayor este último caso. El promedio obtenido en altura de los ejemplares intervenidos es de 2,92 centímetros, y el promedio en el diámetro de copa es



**Figura 23: Corte bajo en Rica-rica.**



**Figura 24: Rebrote corte bajo en Rica-rica.**



**Figura 25: Corte bajo en Bailahuén.**

de 4,85 centímetros. Con respecto al rebrote, el 100% de los ejemplares intervenidos mostró este tipo de respuesta (Figuras 27 y 28).





*Figura 26: Rebrote corte bajo en Bailahuén.*



*Figura 27: Corte bajo en Espina blanca*



*Figura 28: Rebrote luego de corte bajo en Espina Blanca.*



*Figura 29: Rebrote de Pingo-pingo, luego de corte bajo.*

#### *Pingo-pingo*

En esta especie se registró mayor crecimiento promedio en altura, 4,67 centímetros, que en diámetro de copa, 3,63 centímetros. En cuanto al rebrote, el 80% de los ejemplares presenta esta respuesta (Figura 29).

### **CONCLUSIONES PRELIMINARES**

En términos generales, se puede señalar que el período de evaluación ha sido muy corto para el caso de las especies arbóreas, particularmente en Queñoa, debido a su lento crecimiento. En esta especie, los ejemplares de hábito arbustivo crecieron más que los plurifustales y monofustales, lo que concuerda con otros estudios realizados en especies similares.

Las cuatro especies medicinales, que presentan alturas originales inferiores a los de la Queñoa de hábito arbustivo, en este breve período de evaluación mostraron incrementos muy notorios.

Algarrobo muestra los mayores incrementos de brotes en comparación con las otras dos especies arbóreas, en tanto que Queñoa es la que ha crecido menos. ■

# EFICACIA INSECTICIDA DE EXTRACTOS DE HOJAS DE *SCHINUS MOLLE*

**Italo Chiffelle G. <sup>(1)</sup>, Amanda Huerta F. <sup>(2)</sup>, Fernando Azúa C. <sup>(3)</sup>, Karla Puga R. <sup>(4)</sup> y Jaime E. Araya C. <sup>(5)</sup>**

<sup>(1)</sup> Bioquímico, Dr. Depto. de Agroindustria y Enología, Fac. Cs Agronómicas, U. de Chile. [ichiffelle@gmail.com](mailto:ichiffelle@gmail.com)

<sup>(2)</sup> Ing. Forestal, Dra. Depto. de Silvicultura y Conservación de la Naturaleza,

Fac. Cs Forestales y Conservación de la Naturaleza, U. de Chile. [ahuertaf@gmail.com](mailto:ahuertaf@gmail.com)

<sup>(3)</sup> Ing. Forestal. Depto. de Silvicultura y Conservación de la Naturaleza,

Fac. Cs Forestales y Conservación de la Naturaleza, Universidad de Chile. [nanoazua@gmail.com](mailto:nanoazua@gmail.com)

<sup>(4)</sup> Ing. Forestal. Depto. de Silvicultura y Conservación de la Naturaleza,

Fac. Cs Forestales y Conservación de la Naturaleza, U. de Chile. [karlitapuga@gmail.com](mailto:karlitapuga@gmail.com)

<sup>(5)</sup> Ing. Agrónomo, Dr. Depto. de Sanidad Vegetal, Fac. Cs Agronómicas, U. de Chile. [je araya@uchile.cl](mailto:je araya@uchile.cl)

El uso de insecticidas químicos ha sido un instrumento fundamental para el control de plagas, pero ha generado graves consecuencias como: intoxicación de seres humanos y animales, contaminación del agua, aire y suelo, residuos en alimentos, alta persistencia en el ambiente, resistencias en plagas e impacto sobre insectos benéficos, entre otros efectos (Rodríguez *et al.* 2003, Regnault-Roger *et al.* 2004). Esto ha motivado la búsqueda de alternativas para el control de plagas sin los efectos nocivos de los insecticidas sintéticos. Así, los insecticidas vegetales se han introducido como una opción más ecológica y natural para el control de insectos (Rodríguez *et al.* 2003).

Los insecticidas vegetales son derivados o extraídos directamente de plantas y funcionan en ellas principalmente como mecanismos de defensa frente a posibles daños por insectos (Carrero 1996). Muchas plantas sintetizan metabolitos secundarios, como alcaloides, polifenoles, terpenoides, esteroides, aceites esenciales, lignanos, azúcares y ácidos grasos, que poseen propiedades biológicas con importancia contra insectos plaga (Silva *et al.* 2002, Regnault-Roger *et al.* 2004). El efecto de la mayoría de las plantas que se utilizan en el control de plagas, más que insecticida es insectistático (Silva *et al.* 2002),

pues inhiben el desarrollo normal de los insectos. Hay plantas o extractos que impiden la alimentación en diferentes modalidades: repelente de alimentación (por orientación o de proximidad), y supresor o disuasivo de la alimentación; otros inhiben el crecimiento, la oviposición y el desarrollo (Metcalf y Metcalf 1992, Rodríguez *et al.* 2003).

Existen ventajas y desventajas del uso de insecticidas botánicos; entre sus ventajas se destacan su rápida acción y degradación, baja toxicidad en mamíferos, selectividad y mínimo impacto en plantas (Cloyd 2004). Los fitoinsecticidas, al poseer moléculas derivadas del metabolismo secundario de las plantas presentan una acción específica, por lo tanto, exhiben un efecto limitado sobre organismos benéficos; además son raramente tóxicos para los mamíferos y el hombre, y al presentar diferentes mecanismos de acción, limitan la aparición de resistencias en los insectos (Regnault-Roger *et al.* 2004). Algunas desventajas de los insecticidas botánicos son: altos costos, baja disponibilidad, así como falta de antecedentes de resultados eficaces (Cloyd 2004).

El pimiento boliviano (*Schinus molle* Rev L.) (Anacardiaceae) (Figura 1) es una especie propia de la región andina de América, pero principalmente de

Perú, de donde es originaria. Esta especie habría sido introducida a Chile en los tiempos de los Incas desde Perú (Silva *et al.* 2005). En Chile crece naturalmente en la Provincia de Tarapacá, pero se ha extendido hasta Santiago (Donoso 2006).



**Figura 1. Árboles adultos de *Schinus molle*.**

Todas las partes de la planta han tenido uso en medicina tradicional, como antiespasmódico, antiviral, antiséptico, astringente, digestivo, purgativo, diurético, cicatrizante, coagulante, para fracturas, reumatismo, desórdenes menstruales, pulmonía (Joker *et al.* 2002, Murray *et al.* 2005, Donoso 2006, Ferrero *et al.* 2006) y como antiinflamatorio (Yueqin *et al.* 2003). Estudios en animales también han demostrado que los extractos de hojas de *S. molle* poseen efectos antiespasmódicos (Bello *et al.* 1998), analgésicos, depresor del sistema nervioso central (Borrachina *et al.* 1997) y como un antidepresivo en ratas (Machado *et al.* 2008).

Se ha comprobado que los aceites esenciales, principalmente de hojas de *S. molle* (Figura 2), poseen efectos: antioxidantes, antitumorales (Marzouk *et al.*

2006, Díaz *et al.* 2008), antibacteriales (Gundidza 1993), antimicrobiales (Hayouni *et al.* 2008) y antifúngicos (Dikshit *et al.* 1986).



**Figura 2. Detalle de hojas de *Schinus molle*.**

*S. molle* presenta sustancias activas, como terpenos (principalmente monoterpenos y sesquiterpenos), taninos, alcaloides, flavonoides, saponinas, gomas, aceite linoleico, oleorresinas, que se encuentran mayormente en hojas y frutos (Wimalaratne *et al.* 1996, Steinbauer y Wanjura 2002, Ferrero *et al.* 2007, Hayouni *et al.* 2008) y que exhiben diversas propiedades, como las recién mencionadas.

Distintos extractos de *S. molle* también han demostrado propiedades insecticidas. Aceites esenciales de frutos y hojas de *S. molle* han tenido actividad insecticida y repelente en *Trogoderma granarium* (Everts) (Coleoptera: Dermestidae) y *Tribolium castaneum* (Herbst) (Coleoptera: Tenebrionidae) (Abdel-Sattar *et al.* 2009). Los aceites esenciales de hojas de *S. molle* tuvieron actividad antialimentaria y repelente sobre *Musca domestica* L. (Diptera: Muscidae) (Wimalaratne *et al.* 1996). En ninfas de *Triatoma infestans* Klug (Hemiptera: Reduviidae), extractos hexánicos de hojas y frutos de *S. molle* produjeron efectos repelentes (Ferrero *et al.* 2006), y en *Sipha maydis* Passerini (Homoptera: Aphididae), extractos hexánicos de frutos causaron alta toxicidad (Reviriego *et al.* 2004). Sobre *Blattella germanica* L. (Dictyoptera: Blattellidae), los extractos etanólicos de hojas y frutos tuvieron un efecto tóxico

y repelente (Ferrero *et al.* 2007), y el aceite esencial de hojas tuvo un efecto repelente (Guiardiola *et al.* 1990). Otros estudios han encontrado efectos insecticidas sobre lepidópteros, como por ejemplo, extractos acuosos de frutos y hojas de *S. molle* afectaron a *Busseola fusca* (Fuller) (Lepidoptera: Noctuidae) (Gebre-Amlak y Azerefegne 1999), y extractos de hojas y frutos controlaron a *Phthorimaea operculella* (Zeller) (Lepidoptera: Gelechiidae) y *Cydia pomonella* L. (Lepidoptera: Tortricidae) (Chirino *et al.* 2001, Iannacone y Lamas 2003).

### BIOENSAYOS EN VAQUITA DEL OLMO (*XANTHOGALERUCA LUTEOLA*)

En estos últimos años han ingresado a Chile diversas especies de insectos plaga, producto de la apertura de mercados y el mayor intercambio comercial y de personas. Así, uno de los defoliadores más serios del mundo para olmos (*Ulmus* sp., Ulmaceae), la vaquita del olmo *Xanthogaleruca luteola* Müller (Coleoptera: Chrysomelidae) (Figura 3) se ha detectado en el arbolado urbano de ciudades chilenas. Los olmos en Chile son usados mayormente como árboles ornamentales, resistentes al frío, adaptables a diversos suelos y su importancia está dada principalmente por su alta frecuencia en áreas verdes y avenidas. Esta plaga, principalmente monófaga, afecta a toda clase de olmos, y de cualquier edad (Romanyk y Cadahia 2002). Además, se han detectado infestaciones en el género *Aesculus* (e.g. *A. hippocastanum* L., o castaño de Indias) (Muñoz *et al.* 2003).

La *X. luteola* se distribuye por toda Europa, África septentrional, el Cáucaso y Asia menor (Romanyk y Cadahia 2002). En EE.UU., este coleóptero fue introducido desde Europa en 1830 aproximadamente; el primer reporte de esta plaga en California fue en 1920 (Romanyk y Cadahia 2002, Maistrello *et al.* 2005), y desde entonces se ha convertido en una de las mayores plagas forestales urbanas en varios estados de EE.UU. (Dreistadt *et al.* 2001), al igual que en



Figura 3. Individuos adultos de *Xanthogaleruca luteola* y sus daños sobre hojas de olmo.

Canadá (Romanyk y Cadahia 2002) y Australia (Leofe 2002). También se encuentra en Alemania (Meiners *et al.* 2005), Irán (Sendi *et al.* 2005), España (Romanyk y Cadahia 2002), Portugal (Escada *et al.* 1979), y Argentina (Defagó *et al.* 2006). En Chile, *X. luteola* fue detectada por primera vez en 1994 en la ciudad de Los Andes, Región de Valparaíso (SAG 2005), y desde allí se ha desplazado por el sur hasta la Región de la Araucanía (SAG 2010).

Tanto los adultos como las larvas de *X. luteola* se alimentan del parénquima de las hojas, sin consumir las nerviaciones; en ocasiones el daño puede afectar a todas las hojas y los árboles adoptan una coloración marrón. Si los daños son graves y ocurren varios años seguidos, los árboles sufren deformaciones en su copa, pérdida de vigor, desórdenes fisiológicos y reducen su actividad fotosintética, quedando así predispuestos a la acción de otras plagas, agentes patológicos y del estrés. Especialmente quedan susceptibles a la acción de escolítidos, portadores de las esporas del hongo *Ceratocystis novo ulmi* Brasier, que causa la grafiosis del olmo, enfermedad que pone en peligro de desaparición a esta especie vegetal (Romanyk y Cadahia 2002, Muñoz *et al.* 2003). La defoliación causa también la eliminación de la sombra durante el verano y reduce el valor estético de los árboles (Dreistadt *et al.* 2001).

Dados los estudios de las propiedades insecticidas de *S. molle* sobre algunos insectos y la presencia del insecto *X. luteola* en comunas de Santiago y algunas ciudades de Chile, los autores de este artículo estudiaron la eficacia insecticida de extractos de hojas de esta planta en esta plaga, mediante bioensayos de laboratorio a fin de optimizar su control selectivo. Se evaluaron extractos insecticidas de hojas de *S. molle* con solvente agua y etanol para el control de *X. luteola*, en concentraciones de 2,0; 2,5; 3,5; 4,3 y 4,7% p/v para los extractos etanólicos, y 2,5; 3,0; 4,3 y 5,6% p/v para los extractos acuosos, bajo condiciones de laboratorio. Los extractos se aplicaron sobre hojas de olmo (*Ulmus* sp., Ulmaceae) para la alimentación de individuos adultos de *X. luteola*, y se determinó posteriormente la efectividad de los extractos de *S. molle* y su concentración letal para matar al 50% de los individuos (CL<sub>50</sub>). Los resultados indicaron que ambos extractos insecticidas fueron eficaces sobre *X. luteola*, al causar mortalidades mayores a 97% con el solvente etanol y las concentraciones más altas (4,3 y 4,7% p/v), y cercanas a 27% con el solvente agua y las concentraciones 4,3 y 5,6% p/v. Mediante el análisis Probit se obtuvo que la CL<sub>50</sub> del extracto etanólico fue de 1,9% al 2<sup>do</sup> día y fue menor que la alcanzada por el extracto acuoso, con una CL<sub>50</sub> de 8,5% al 4<sup>to</sup> día. Además, los extractos etanólicos sobre los adultos de *X. luteola* tuvieron principalmente efecto tóxico, mientras que los acuosos presentaron actividad antialimentaria. Los resultados obtenidos sugieren oportunidades interesantes de desarrollo de bioinsecticidas a base de extractos de *S. molle* para uso en el manejo integrado de *X. luteola* y otras plagas que puedan afectar al arbolado urbano (Huerta et al. 2010).

## BIBLIOGRAFÍA

- ABDEL-SATTAR, E.; ZAITOUN, A.; FARAG, M.; EL GAYED, S. Y HARRAZ, F. 2009. Chemical composition, insecticidal and insect repellent activity of *Schinus molle* L. leaf and fruit essential oils against *Trogoderma granarium* and *Tribolium castaneum*. Nat. Prod. Res. 25: 1-10.

- BARRACHINA, M.; BELLA, R.; MARTÍNEZ-CUESTA, M.; PRIMO-YÚFERA, E. Y ESPLUGUES, J. 1997. Analgesic and central depressor effects of the dichloromethanol extract from *Schinus molle* L. Phytother. Res.11: 317-319.
- BELLO, R.; BELTRÁN, B.; MORENO, L.; CALATAYUD, S.; PRIMO-YÚFERA, E. Y ESPLUGUES, J. 1998. In vitro pharmacological evaluation of the dichloromethanol extract from *Schinus molle* L. Phytother. Res. 12: 523-525.
- CARRERO, J. 1996. Lucha Integrada contra las Plagas Agrícolas y Forestales. Mundi Prensa, Madrid.
- CHIRINO, M.; CARIAC, M. Y FERRERO, A. 2001. Actividad insecticida de extractos crudos de drupas de *Schinus molle* L. (Anacardiaceae) sobre larvas neonatas de *Cydia pomonella* L. (Lepidoptera: Tortricidae). Bol. San. Veg., Plagas 27: 305-314.
- CLOYD, R. 2004. Natural instincts: Are natural insecticides safer and better than conventional insecticides. American Nurseryman 200: 38: 41.
- DEFAGÓ, M.; VALLADARES, G.; BANCHIO, E.; CARPINELLA, C. Y PALACIOS, S. 2006. Insecticide and antifeedant activity of different plant parts of *Melia azedarach* on *Xanthogaleruca luteola*. Fitoterapia 77: 500-505.
- DÍAZ, C.; QUESADA, S.; BRENES, O.; AGUILAR, G. Y CICCIO, J. 2008. Chemical composition of *Schinus molle* essential oil and its cytotoxic activity on tumor cell lines. Nat. Prod. Res. 22: 1521-1534.
- DIKSHIT, A.; NAQVI, A. Y HUSAIN, A. 1986. *Schinus molle*: a new source of natural fungitoxicant. Appl. Environ. Microbiol. 51: 1085-1088.
- DONOSO, C. 2006. Las especies arbóreas de los bosques templados de Chile y Argentina. Autoecología. Editorial Masisa Cuneo, Valdivia, Chile.
- DREISTADT, S.; DAHLSTEN, D. Y LAWSON, A. 2001. Elm leaf beetle. Publication 7403. Davis, CA. UC Statwide IPM Project, University of California. California.

- ESCADA, M.; DA SILVA, F. Y SOUTO, C. 1979. Una plaga de los olmos en Portugal, *Pyrrhalta luteola* Müll. (Coleoptera: Chrysomelidae). Bol. Serv. Plagas 5: 73-78.
- FERRERO, A.; SÁNCHEZ, C.; WERDIN, J. Y ALZOGARAY, R. 2007. Repellence and toxicity of *Schinus molle* extracts on *Blattella germanica*. Fitoterapia 78: 311-314.
- FERRERO, A.; WERDIN, J. Y SÁNCHEZ CHOPA, C. 2006. Actividad biológica de *Schinus molle* en *Triatoma infestans*. Fitoterapia 77: 381-383.
- GEBRE-AMLAK, A. Y AZEREFEGNE, F. 1999. Insecticidal activity of Chinaberry, endod and pepper tree against the maize stalk borer (Lepidoptera: Noctuidae) in southern Ethiopia. International Journal of Pest Management 45: 9-13.
- GUIARDIOLA, V.; DE MIGUEL, P. Y PRIMO, E. 1990. Repelencia frente a *Blatella germanica* de componentes de *Schinus molle* L. Revista de Agroquímica y Tecnología de Alimentos 30: 341-346.
- GUNDIDZA, M. 1993. Antimicrobial activity of essential oil from *Schinus molle* Linn. Central African Journal of Medicine 39: 231-234.
- HAYOUNI, E.; CHRAIEF, I.; ABEDRABBA, M.; BOUIX, M.; LEVEAU, J.; MOHAMMED, H. Y HAMDI, M. 2008. Tunisian *Salvia officinalis* L. and *Schinus molle* L. essential oils: Their chemical compositions and their preservative effects against *Salmonella* inoculated in minced beef meat. Int. J. Food Microbiol. 125: 242-251.
- HUERTA, A.; CHIFFELLE, I.; PUGA, K.; AZÚA, F. Y ARAYA, J. 2010. Toxicity and repellence of aqueous and ethanolic extracts from *Schinus molle* on elm leaf beetle *Xanthogaleruca luteola*. Crop Protection (En prensa).
- IANNACONE, J. Y LAMAS, G. 2003. Efecto insecticida de cuatro extractos botánicos y del cartap sobre la polilla de la papa *Phthorimaea operculella* (Zeller) (Lepidoptera: Gelechiidae), en el Perú. Entomotropica 18: 95-105.
- JOKER, D.; CRUZ, N.; MORALES, M. Y ROJAS, E. 2002. *Schinus molle* L. Danida Forest Seed Centre. Seed Leaflets 57: 1-2.
- LEOFE, G. 2002. First release of the elm leaf beetle parasitic fly. NRE Frankston: Keith Turnbull Research Institute 19: 1-3.
- MACHADO, D.; BETTIO, L.; CUNHA, M.; SANTOS, A.; PIZZOLATTI, M.; BRIGHENTE, I. Y RODRIGUES, A. 2008. Antidepressant-like effect of rutin isolated from the ethanolic extract from *Schinus molle* L. in mice: evidence for the involvement of the serotonergic and noradrenergic systems. Eur. J. Pharmacol. 587: 163-168.
- MAISTRELLO, L.; LÓPEZ, M.; SORIA, F. Y OCETE, R. 2005. Growth inhibitory activity of *Daphne gnidium* L. (Thymelaeaceae) extracts on the elm leaf beetle (Col., Chrysomelidae). J. Appl. Entomol. 129: 418-424.
- MARZOUK, M.; MOHARRAM, M.; HAGGAG, E.; IBRAHIM, M. Y BADARY, O. 2006. Antioxidant flavonol glycosides from *Schinus molle*. Phytotherapy Research 20: 200-205.
- MEINERS, T.; HACKER, N.; ANDERSON, P. Y HILKER, M. 2005. Response of the elm leaf beetle to host plants induced by oviposition and feeding: the infestation rate matters. Entomol. Exp. Appl. 115: 171-177.
- METCALF, R. Y METCALF, E. 1992. Plant kairomones in insect ecology and control. Chapman and Hall, New York.
- MUÑOZ, C.; PÉREZ, V.; COBOS, P.; HERNÁNDEZ, R. Y SÁNCHEZ, G. 2003. Sanidad Forestal. Ediciones Mundi-Prensa, Madrid.
- MURRAY, A.; FRONTERA, M.; TOMAS, M. Y MULET, M. 2005. Gas chromatography-mass spectrometry study of the essential oils of *Schinus longifolia* (Lindl.) Speg., *Schinus fasciculate* (Griseb) I. M. Johnst., and *Schinus areira* L. Zeitschrift fur Naturforschung 60: 25-29.
- REGNAULT-ROGER, C.; STAFF, V.; PHILOGÈNE, B.; TERRÓN, P. Y VINCENT, C. 2004. Biopesticidas de origen vegetal. Ediciones Mundi-Prensa, Madrid.
- REVIRIEGO, M.; DESCAMPS L.; SÁNCHEZ CHOPA, C. Y FERRERO, A. 2004. Monitoreo de extractos vegetales en el control de *Sipha maydis*

- Passerini (Homoptera, Aphididae) en la Provincia de Buenos Aires, Argentina. En: Universidad de Concepción (Ed.), Proceeding of the XXVI National Congress of Entomology, 1-3 Diciembre 2004, Concepción, Chile. s.p.
- RODRÍGUEZ, C.; SILVA, G. Y DJAIR, V. 2003. Bases para el manejo racional de insecticidas: Insecticidas de origen vegetal. Facultad de Agronomía, Universidad de Concepción, y Fundación para la Innovación Agraria, Concepción, Chile.
  - ROMANYK, M. Y CADAHIA, D. 2002. Plagas de insectos en las masas forestales. Ediciones Mundi-Prensa, Madrid.
  - SAG (SERVICIO AGRÍCOLA Y GANADERO) 2005. Informativo Fitosanitario Forestal N°2. Informativo de la Unidad de Vigilancia y Control de Plagas Forestales y Exóticas Invasoras del Servicio Agrícola y Ganadero, Santiago, Chile.
  - SAG (SERVICIO AGRÍCOLA Y GANADERO) 2010. Informativo Fitosanitario Forestal N°4. Informativo del Subdepartamento de Vigilancia y Control Oficial Forestal, División Protección Agrícola y Forestal, Santiago, Chile.
  - SENDI, J.; ARBAB, A. Y ALIAKBAR, A. 2005. The efficacy of aqueous plant extracts of wormwood and dwarf elder against elm leaf beetle *Xanthogaleruca luteola* Mull. (Col.; Chrysomellidae). Agric. Sc. (Trabriz) 15: 115-120.
  - SILVA, G.; LAGUNES, A.; RODRÍGUEZ, J. Y RODRÍGUEZ, D. 2002. Insecticidas vegetales: una vieja y nueva alternativa para el manejo de plagas. Manejo Integrado de Plagas y Agroecología (Costa Rica) 66: 4-12.
  - SILVA, S.; BOZINOVIC, F. Y JAKSIC, F. 2005. Frugivory and seed dispersal by foxes in relation to mammalian prey abundance in a semiarid thornscrub. Austral Ecology 30: 739-746.
  - STEINBAUER, M. Y WANJURA, W. 2002. Christmas beetles (*Anoplognathus* spp., Coleoptera: Scarabaeidae) mistake peppercorn trees for eucalypts. J. Nat. Hist. 36: 119-125.
  - WIMALARATNE, P.; SLESSOR, K.; BORDEN, J.; CHONG, L. Y ABATE, T. 1996. Isolation and identification of house fly, *Musca domestica* L., repellents from pepper tree, *Schinus molle* L. J. Chem. Ecol. 22: 49-59.
  - YUEQIN, R.; RECIO, M.; MANEZ, S.; GINER, R.; CERDA, N. Y RIOS, J. 2003. Isolation of two triterpenoides and a biflavanone with anti-inflammatory activity from *Schinus molle* fruits. Planta Medica 69: 893-898. ■



www.masisa.com

FSC

La marca de manejo responsable  
SGS-COC-000687  
© 1996 Forest Stewardship Council A.C.

Masisa posee la certificación Forest Stewardship Council (FSC) que nos permite asegurar un manejo responsable del bosque y ofrecer un producto que agrega valor a nuestros clientes.

50 años juntos creando ambientes  
**MASISA**  
más confianza

Elige a Conciencia, Elige Masisa



## CADA VEZ SON MAS LOS QUE COMPRUEBAN LA VERDADERA CALIDAD

STIHL, por más de 36 años, ha desarrollado en Chile toda su calidad y eficiencia en el mercado forestal, a través de productos de primera línea tecnológica, fabricada con las más altas normas de calidad europea y con una amplia cobertura a lo largo y ancho de todo Chile.

Durante todo este tiempo, son cientos de miles los que han comprobado la satisfacción de tener en sus manos la comodidad y rendimiento que solo STIHL ha podido lograr. Esa confianza y preferencia es la que nos motiva, a seguir innovando y entregando soluciones eficientes a miles de hombres en todos los bosques de nuestro país.





# LA NECESIDAD DE SUSTITUIR EL USO DE LEÑA NATIVA POR EXÓTICA EN CENTROS DE ALTO CONSUMO EN LA REGIÓN DE LOS LAGOS PARA DISMINUIR LA PÉRDIDA DE PATRIMONIO NATURAL

**Patricio Corvalán V.**

*Ingeniero Forestal, Depto. de Gestión Forestal y su Medioambiente  
Facultad de Ciencias Forestales y Conservación de la Naturaleza, Universidad de Chile  
pcorvala@uchile.cl*

**D**e acuerdo a las estadísticas de la Comisión Nacional de Energía CNE (Balance Nacional de Energía, 2008), para el año 2008, el consumo de leña residencial en Chile alcanzó a 29.505 Teracalorías, equivalente al 58 % del consumo total, siendo superior en tres veces a los derivados del petróleo, cuatro veces a la electricidad y siete veces al gas natural. Esta cifra corresponde a 8,4 millones de toneladas de leña por año.

Esta realidad nacional se agudiza en la Décima Región, que por una lado tiene las tasas más altas de consumo de leña del país pero además, presenta una alta tasa de extracción de recursos nativos (CNE, 2008) y se sitúa en bosques ecológicamente frágiles (Corvalán, 1987).

Según el estudio "Análisis del Potencial Estratégico de la Leña en la Matriz Energética Chilena" realizado por Chileambiente (2008), encargado por la CNE, la proyección de consumo anual per capita, para el año 2010, en la región alcanzaría a 1,94 m<sup>3</sup> por habitante en las zonas urbanas y 2,89 m<sup>3</sup> por habitante rural. Por otro lado, de acuerdo a proyecciones de población del Instituto Nacional de Estadísticas (INE,

2010), la provincia de Llanquihue alcanzaría, a la fecha actual, un total de 395.086 habitantes y la provincia de Chiloé de 187.321 habitantes.

Si se mantiene la proporción de población urbano/rural, del censo del año 2002, el consumo actual de leña sería en Llanquihue de 554.840 m<sup>3</sup>año<sup>-1</sup> en la zona urbana y 315.010 m<sup>3</sup>año<sup>-1</sup> en la zona rural, con un consumo total de 869.850 m<sup>3</sup>año<sup>-1</sup>. Para la provincia de Chiloé, las cifras serían de 203.506 m<sup>3</sup>año<sup>-1</sup> en la zona urbana y 238.136 m<sup>3</sup>año<sup>-1</sup> en la zona rural, con un total de 441.642 m<sup>3</sup>año<sup>-1</sup>.

Aún cuando el estudio de Chileambiente (2008), indica que para esa región existiría un superávit en el balance global de oferta de madera de los bosques, en relación al consumo industrial y residencial. La oferta de leña, a nivel local, depende fundamentalmente de la distancia de transporte a los centros de consumo y el tipo de bosque. Así lo demuestra un estudio realizado por Neira y Bertín (2010), de la Asociación de Ingenieros Forestales por el Bosque Nativo (AIFBN), sobre los hábitos de uso de la leña en la ciudad de Castro, el cual concluye que el 94 % de los hogares de utiliza la leña como principal fuente de energía

(fundamentalmente para calefacción), siendo su consumo anual de 129.104 m<sup>3</sup>/año y las especies más utilizadas son Luma (*Amomyrtus luma*) con 41% y Tepú (*Tepualia stipularis*) con 27%, existiendo un aumento en la tendencia al consumo de mezcla de especies, entre las cuales se destacan el Ulmo (*Eucryphia cordifolia*), la Tapa (*Laurelipsis philippiana*), el Coigüe (*Nothofagus nitida*) y el Canelo (*Drimys winteri*). Los lugares de abastecimiento para Castro no sobrepasan los 50 kilómetros, siendo Butalcura (26 km) y Aguas Buenas (40 km). Cabe destacar del estudio, que el 95% de los hogares encuestados indica no recibir boleta, mientras que el 16% señala comprar leña en un negocio establecido, lo que es evidente considerando el tipo de madera utilizada, la ubicación de la ciudad y el tipo de bosques de donde provienen. Sin duda, ésta es una situación insostenible en el tiempo por razones de sustentabilidad, de legalidad y finalmente porque se puede demostrar que existen alternativas más racionales y sustentables, que seguir cortando el bosque nativo.

Los problemas de la sustentabilidad, en esa zona, se basan en que las especies utilizadas como la Luma y el Tepú, son especies que crecen en ambientes húmedos y de poca profundidad de suelo, o en las cercanías de los cursos de agua.

La preferencia del consumo de estas especies como combustible proviene de su alta densidad específica, la cual es proporcional al calor generado en el proceso de combustión, de lo cual existe escasa información.

Si se observa los rendimientos en orden decreciente por especies, medidos según cantidad de carbón producidos en el proceso de destilación en hornillas son; Luma, Tepú, Ulmo, Coigüe, Tapa y Canelo (Haig, 1946), que es el mismo orden de preferencias indicadas por AIFBN (2010),

(Figura 1). Ésta preferencia en el consumo de las especies es un hábito difícil de cambiar.

Una de las soluciones al problema de la corta de especies nativas es la utilización de especies del género *Eucalyptus*, que presentan densidades similares a las especies nativas utilizadas y rápido crecimiento, como por ejemplo el uso de *Eucalyptus nitens* cuya densidad básica es del orden de 450 kg/m<sup>3</sup> a los nueve años de edad (Gorrini et al., 2004), que se ubica en el rango de las densidades de las especies nativas usadas. De acuerdo con información cartográfica relativamente actualizada del Instituto Forestal de Chile INFOR (2004), las tasas de crecimiento anual proyectadas para la zona de Llanquihue sería del orden de 50 m<sup>3</sup>ha<sup>-1</sup>año<sup>-1</sup> y para la zona de Chiloé del orden de 40 m<sup>3</sup>ha<sup>-1</sup>año<sup>-1</sup> (Juan Carlos Valencia, comunicación personal).

Lo anterior ya lo hacían notar en la mitad del siglo pasado, los autores del informe *Forest Resources of Chile* (Haig et al., 1946), donde indicaban la conveniencia de sustituir la leña nativa por exótica,

## Maderas nativas usadas como leña

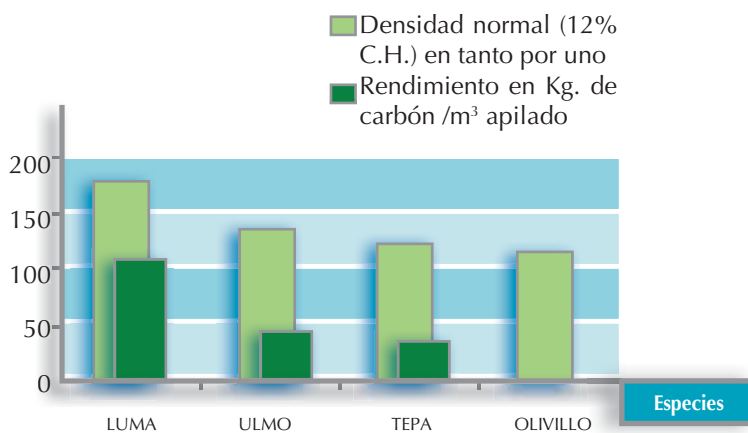


Figura 1: Relación de densidades normales y rendimientos en carbón.

especialmente en la cercanía de los centros urbanos, donde la permanente corta de especies nativas para consumo provocaba un aumento de las distancias de flete y por ende un aumento de costo del producto final.

Las especies nativas utilizadas tienen una baja tasa de crecimiento en condiciones naturales. Según Ingeniería de Bosques (1975), las edades de referencia para las especies Ulmo, Tepa, Coigüe y Canelo, en bosques maderables, en la zona de Chiloé son; 229, 158, 223 y 122 años, respectivamente y el crecimiento medio anual para estas especies, en el mismo orden, son 0,834; 0,326; 0,110 y 0,121 m<sup>3</sup>ha-1año-1. Sin duda para las especies Tepú y Luma que se presentan en los estratos inferiores del bosque y de mayor tolerancia pueden requerir edades muy superiores a las indicadas.

Si se quiere dimensionar el tiempo requerido para restituir el patrimonio de bosque nativo cortado, para el uso de leña, en volumen hasta un índice de utilización de 40 cm, comparándola con la tasa de crecimiento del *Eucalyptus nitens*, se requerirían 48 y 363 veces menos de tiempo que para Ulmo y Coigüe respectivamente. Para especies como Tepú y Luma se requeriría aún menos tiempo, y lo anterior sin considerar los impactos ambientales producidos a consecuencia de la cosecha (daños a árboles remanentes por volteo y golpes de maquinaria, compactación de suelo, pérdida de la biodiversidad y otros de magnitud desconocida a la fecha) (Figura 2).

Por otro lado, si comparamos *E. nitens* en calorías equivalentes por año de crecimiento las relaciones serían de 39 y 324 veces menos que Ulmo y Coigüe, respectivamente.

Sin duda existen muchos otros problemas, aparte de la pérdida patrimonial, asociadas al uso de leña nativa como son; su tiempo de secado, su rentabilidad y la informalidad en el mercado. Sin embargo, se debe reconocer el aporte al trabajo regional que ésta actividad genera, alcanzando montos de \$MM 15.324 (en pesos de 1996), asumiendo que la valoración de bienes se realiza bajo un mercado formal (Chileambiente, 2008).

En síntesis, el uso de leña nativa en los centros de alto consumo en la Región de Los Lagos es un problema complejo que atañe aspectos culturales, técnicos, económicos y ambientales de difícil solución. Por lo anteriormente expuesto y de acuerdo a las características de crecimiento del *Eucalyptus nitens*, es factible promover su cultivo en la zona con fines de producción de leña e ir sustituyendo el uso de especies nativas. Para ello es indispensable la acción del estado, ya que éste cuenta herramientas para hacerlo y es evidente que los agentes privados involucrados, tanto propietarios, leñadores y consumidores no han sido capaces de resolver el problema.

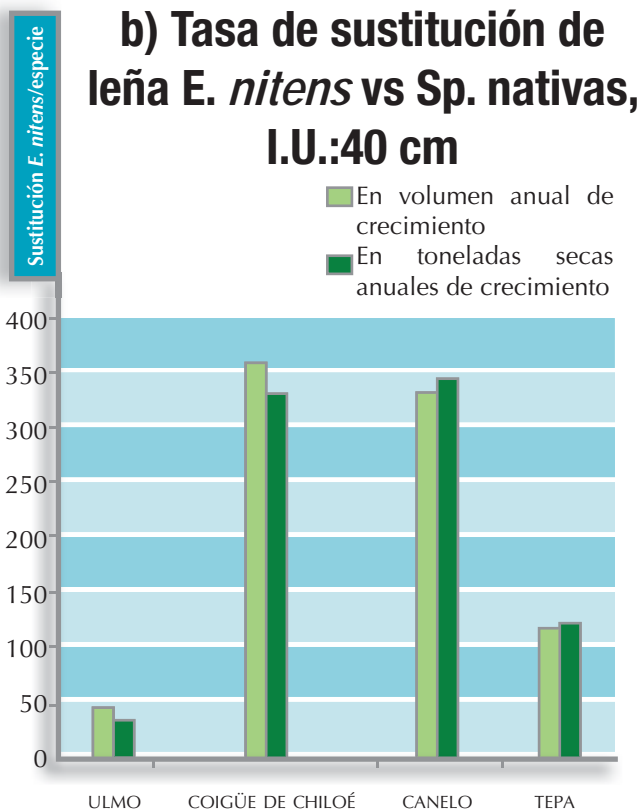


Figura 2: Tasa de sustitución en volumen equivalente de madera nativa vs *E. nitens* para un índice de utilización de 40 cm.

## BIBLIOGRAFÍA

- COMISIÓN NACIONAL DE ENERGÍA. CNE. (2008). Balance Nacional de Energía, 2008. URL:[http://www.cne.cl/cnewww/export/sites/default/06\\_Estadisticas/Documentos/BNE2008.xls](http://www.cne.cl/cnewww/export/sites/default/06_Estadisticas/Documentos/BNE2008.xls)
- CORVALÁN, P. (1987). El canelo: Una alternativa de desarrollo para la Décima Región. Volumen I. Resumen Ejecutivo. Universidad de Chile-FIA.
- CHILEAMBIENTE (2008). "Análisis del Potencial Estratégico de la Leña en la Matriz Energética Chilena". Estudio realizado para la Comisión Nacional de Energía. Informe final. 290 p.
- GORRINI, B., POBLETE, H., HERNÁNDEZ, G. Y DUNN, F. 2004 Tableros de partículas y MDF de Eucalyptus nitens: Ensayos a escala industrial. BOSQUE 25(3): 89-97.
- HAIG, I., TEESDALE, L., BRIEGLEB, PH., PAYNE, B. & HAERTEL, M. 1946. Forest Resources of Chile as Basis for Industrial Expansion. 256 p.
- INE, 2010. Proyecciones de población. URL: <http://palma.ine.cl/demografia/cd/Excel2003>
- INFOR, 2009. Los Recursos Forestales en Chile. Informe Final. Inventario Continuo de Bosques Nativos y Actualización de Plantaciones Forestales.
- INGENIERÍA DE BOSQUES, 1975. Inventario Forestal Isla Grande de Chiloé.
- NEIRA Y BERTÍN, 2009-2010. "Hábitos del uso de leña en Castro, Isla de Chiloé" Agrupación de Ingenieros Forestales por el Bosque Nativo (AIFBN). Revista Bosque Nativo 45:4-8. ■

# EVALUACIÓN DE EXISTENCIAS DE BIOMASA EN CHILE A TRAVÉS DE SENSORES REMOTOS

*Jaime Hernández P.<sup>(1)</sup> y Patricio Corvalán V.<sup>(2)</sup>*

*(1) Doctor. Ingeniero Forestal Laboratorio de Geomática y Ecología del Paisaje. Depto. de Gestión Forestal y su Medioambiente Fac. de Cs. Forestales y Conservación de la Naturaleza, Universidad de Chile, jhernand@chile.cl*

*(2) Magíster. Ingeniero Forestal Fac. de Cs. Forestales y Conservación de la Naturaleza, Universidad de Chile, pcorvala@uchile.cl*

## IMPORTANCIA DE LA BIOMASA

Uno de los principales problemas, que enfrentará la humanidad en el siglo XXI, es el agotamiento de las fuentes de energía obtenidas a partir de combustibles fósiles que, de acuerdo a la mayoría de los expertos, alcanzarán la máxima producción en las dos próximas décadas, con una caída posterior sostenida. Además la liberación de CO<sub>2</sub> y otros gases causantes del efecto invernadero que juegan un rol fundamental en el cambio climático mundial, hace insustentable su utilización a largo plazo.

Por otra parte, es importante considerar que nuestro país necesita de magnitudes crecientes de energía para sostener su crecimiento económico y poder alcanzar la categoría de país desarrollado, hecho que hace necesario encontrar fuentes de energía alternativas, dentro de las cuales las asociadas a recursos naturales renovables han adquirido especial relevancia en los últimos años.

En consecuencia, hoy en día se requiere del desarrollo de energías limpias, como proyectos que utilicen biomasa forestal para su generación, contribuyendo además, a la mitigación de las consecuencias de la acumulación de Gases de Efecto

Invernadero (GEIs), en la atmósfera, en virtud de los acuerdos del IPCC en el marco de la Convención del Cambio Climático, la combustión de estos residuos, al desplazar combustibles fósiles evita la acumulación de CO<sub>2</sub> en la atmósfera (CNE-GTZ-CONAMA, 2007).

Actualmente, las más importantes fuentes de energía renovable son la hidroeléctrica y la biomasa de la actividad agrícola y forestal (Figura 1), pero ellas no están equitativamente distribuidas y explotadas en el mundo. Es aquí donde nace, para el país y para el sector forestal nacional, la oportunidad de llevar a cabo programas de investigación que vayan encaminados a la utilización de la biomasa residual forestal con el propósito de generar energía calórica, mecánica y eléctrica.

La biomasa es un recurso que está constituido por varios elementos como bosques, residuos forestales, cultivos energéticos, residuos agrícolas y efluentes de la agroindustria, abonos orgánicos y biogás. En países en vías de desarrollo la biomasa entrega el 35% del consumo primario de energía. Su rol es mucho más modesto en países industrializados, de ellos EE.UU. entrega el 4% del consumo de energía primaria (Horazak y Brushwood, 1999).

## Estructura del consumo global de energía

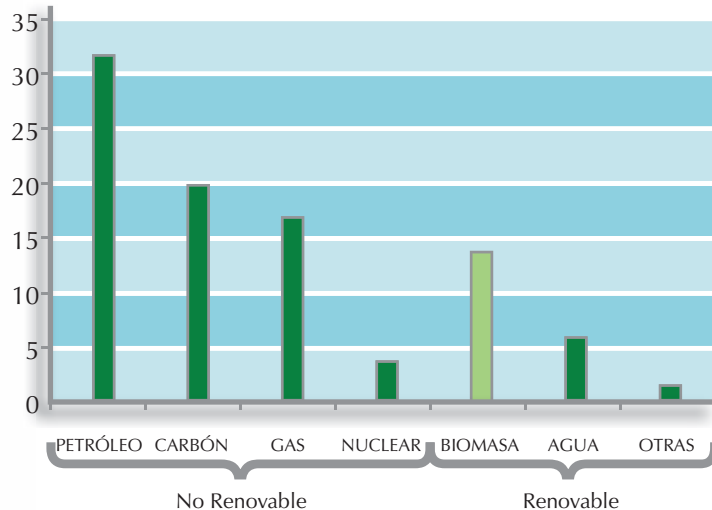


Figura 1: Participación porcentual de los distintos tipos de energía en el consumo global.

Fuente: Horazak y Brushwood, 1999.

Actualmente, en Chile la utilización de biomasa como fuente de energía es baja (Tabla 1). A nivel nacional se registran algunas inversiones como la empresa "Energía Verde", que utiliza desechos forestales para producir energía para grandes aserraderos, específicamente en la VII Región. Sin embargo, existe un gran potencial ya que se estima que el actual nivel de producción de la industria forestal en Chile cosecha alrededor de 55 mil hectáreas anuales, e interviene

con actividades de manejo intermedio alrededor de 30 mil hectáreas adicionales, para conformar una manipulación total de alrededor de 85 mil hectáreas anuales. Más del 95% de la materia prima industrial que se procesa en Chile proviene de las plantaciones (Bertrán y Morales, 2008).

De acuerdo a estimaciones preliminares del Instituto Forestal (2007), sobre la disponibilidad de biomasa en Chile proveniente de plantaciones y de bosque nativo, para el año 2011 se dispondrá de 18,4 millones de m<sup>3</sup>, y para el año 2021 esta cantidad se elevará a 22,4 millones de m<sup>3</sup>. De esta forma, Chile podría generar un alto porcentaje de su demanda en energía eléctrica a través de la bioenergía y el año 2021 alrededor del 20% de la energía podría provenir de plantas termoeléctricas de biomasa. En este marco la evaluación detallada de las existencias reales de biomasa adquiere especial relevancia.

### UTILIZACIÓN DE SENSORES REMOTOS

Para estimar la biomasa aérea (BA) disponible en bosques naturales o plantaciones, existen métodos que pueden clasificarse en función de la fuente de datos que utilizan: a) medición en campo, b) a través

Sistema	RENOVABLES							
	HIDRÁULICA		EÓLICA		BIOMASA		TÉRMICA	
	MW	%	MW	%	MW	%	MW	%
SING	13	0,4	0	0	0	0	3427	99,6
SIC	4030	61,2	0	0	70	1,1	2479	37,7
AYSÉN	5	22,8	2	9	0	0	65	100
MAGALLANES	0	0	0	0	0	0	55	100
<b>TOTAL PAÍS</b>	<b>4048</b>	<b>0,4006</b>	<b>2</b>	<b>0,0002</b>	<b>70</b>	<b>0,0069</b>	<b>5986</b>	<b>0,5923</b>

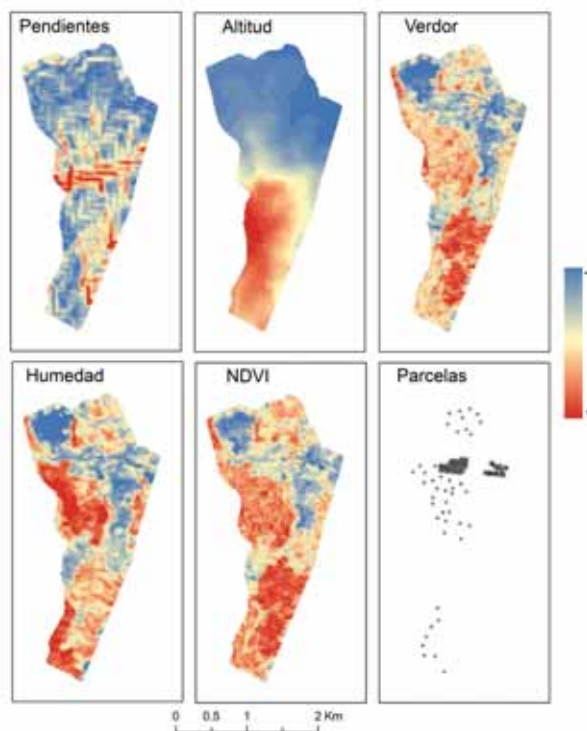
Fuente: Comisión Nacional de Energía, 2002.

Tabla 1: Potencia instalada en los principales sistemas eléctricos de Chile a diciembre de 2001.

de estimación con sensores remotos. Las mediciones de campo se basan en muestreos destructivos (Mikšys *et al.*, 2007; Jia, 2005), en mediciones directas (Liddell *et al.*, 2007) y a continuación la aplicación de ecuaciones alométricas (Montagu *et al.*, 2005). En los últimos años, los sensores remotos se han convertido en una importante fuente de datos para la estimación de BA (Patenaude *et al.*, 2005). La biomasa se estima ya sea a través de una relación directa entre la respuesta espectral y mediciones de biomasa utilizando análisis de regresión múltiple (Roy y Ravan, 1996), redes neuronales (Foody, 2003), inversión de modelos de

En el marco del proyecto “Existencias de biomasa aérea y optimización de redes de abastecimiento”, perteneciente al conjunto de proyectos agrupados en el Consorcio Tecnológico BIOCOMSA, financiado por INNOVA-CORFO, se ha desarrollado un enfoque alternativo en la estimación de BA utilizando imágenes satelitales LANDSAT ETM+ de resolución espacial media (30 m de píxel) y modelos digitales de elevación MDT (SRTM). Este enfoque utiliza los datos de la imagen y SRTM como covariables para estimar la BA.

Desde la perspectiva espacial, los datos de BA corresponden a un vector de puntos o círculos (polígonos), en el espacio (x,y) con un conjunto de variables descriptivas (z), dentro de las cuales la BA es la de mayor interés. Las covariables corresponden a un conjunto de datos en formato *ráster* que tienen coincidencia geográfica con los datos vectoriales de BA. A través de geoprocésamiento simple, es posible formar una tabla única con los datos de la variable de interés y las covariables. Para tomar en cuenta la dependencia espacial, subyacente en todos los fenómenos naturales, se realiza una modelación geoestadística preliminar a través de un *cokriging*. Integrando información de diferentes fuentes se pueden aplicar métodos de geoestadística multivariante (*cokriging* y co-simulación) y estimar la variable de interés, en este caso la biomasa aérea - más caro de evaluar en terreno-, usando variables auxiliares o co-variables más baratas (i.e. bandas espectrales, índices de vegetación, modelos digitales de elevación, etc.) (Chilès y Delfiner, 1999; Wackernagel *et al.*, 2002; Wackernagel, 2003).



**Figura 2. Covariables obtenidas de imágenes LANDSAT ETM+ y datos SRTM (selección).**

dosel (Andersen *et al.*, 2004), o través de las relaciones indirectas, utilizando información auxiliar asociada a la biomasa, tales como el índice de área foliar (IAF), estructura (cierre de las copas y altura) o fracción sombra, las cuales se utilizan en las ecuaciones de estimación de biomasa (Feng, *et al.*, 2007; Luther *et al.*, 2006).

La figura 2, muestra un subconjunto de covariables usadas en la modelación geoestadística, derivadas de una imagen ETM+ y del MDT SRTM, y las posiciones de las parcelas de terreno usadas para la modelación geoestadística en el predio “Pantaniillos”, Comuna de Constitución, perteneciente a la Universidad de Chile.

La modelación geoestadística vía *cokriging* ordinario considera todas las covariables disponibles

(Figura 3). El resultado permite establecer que el método permite predecir la variación espacial de la BA en forma bastante precisa y, consecuentemente, estimar con errores aceptables (menores a 10%) la biomasa total del predio. A nivel de rodal o sub-rodal los errores aumentan. Los resultados son promisorios y demuestran la factibilidad de usar este tipo de enfoque en la evaluación y monitoreo de las existencias de biomasa a escala predial o comunal.

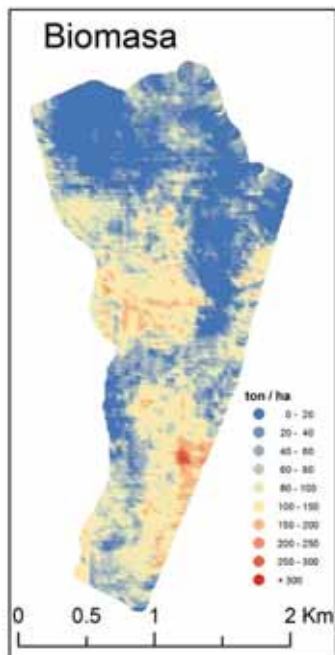


Figura 3: Estimación de biomasa vía cokriging (ton/ha).

En la actualidad existen imágenes satelitales libre de costo para el usuario que están disponibles para su uso en el sitio Web de la NASA, y cuya resolución espacial y temporal es adecuada para realizar estimaciones de biomasa aérea alcanzando alta precisión a nivel de superficies mayores a 10 hectáreas.

Además, los datos espectrales contenidos en la imagen satelital convertida en índices, más los datos topográficos contenidos en los modelos digitales de

elevación, permiten capturar una gran cantidad de información, la que al ser modelada espacialmente contribuye significativamente a explicar gran parte de la variación de la biomasa. Esta última tiene que ver con la calidad del sitio y las correlaciones espaciales que son capturadas en forma de covariables y que al ser incorporadas en la predicción aumentan notablemente la eficiencia de los inventarios de biomasa.

## BIBLIOGRAFÍA

- ANDERSEN, HANS-ERIK; MCGAUGHEY, ROBERT J.; CARSON, WARD W.; REUTEBUCH, STEPHEN E.; MERCER, BRYAN; ALLAN, JEREMY. 2004. A comparison of forest canopy models derived from LIDAR and INSAR data in a Pacific Northwest conifer forest. International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing. 34(Part 3/ W13): 211-217.
- BERTRAN, J., Y MORALES, E. 2008. Potencial de generación de energía por residuos del manejo forestal en Chile. Proyecto Energías Renovables No Convencionales en Chile (CNE/GTZ). Santiago de Chile.
- CHILÈS, J.P. AND DELFINER, P. 1999. Geostatistics: Modeling Spatial Uncertainty, Wiley, New York, 695 p.
- CNE-GTZ-CONAMA. 2007. Guía para la Evaluación Ambiental de Energías Renovables No Convencionales: Proyectos de Biomasa. Proyecto Energías Renovables No Convencionales en Chile (CNE/GTZ). Santiago, Chile.
- CNE (Comisión Nacional de Energía). 2002. Noticias. En [http://www.cne.cl/noticias/otros/noti\\_12\\_09\\_02.php](http://www.cne.cl/noticias/otros/noti_12_09_02.php). Visitado el 3 de marzo de 2003.
- FENG, X.; LIU, G.; CHEN, J.M.; CHEN, M.; LIU, J.; JU, W.M.; SUN, R.; ZHOU, W. 2007. Net primary productivity of China's terrestrial ecosystems from a process model driven by remote sensing. Journal of Environmental Management. 85, 563-573.
- FOODY, G.M. 2003. Remote sensing of tropical forest environments: towards the monitoring



- of environmental resources for sustainable development. *International Journal of Remote Sensing*. 24, 4035-4046.
- HORAZAK, D. AND BRUSHWOOD, J. 1999. Renewable Prospect in Today's Conventional Power generation Market. *Renewable energy Woeld*. 2(4): 35-49.
  - INFOR. 2007. Estadísticas Forestales Chilenas 2006. Boletín estadístico N° 117. Santiago, Chile. INFOR. 163 p.
  - LIDDELL, M.J.; NIEULLET, N.; CAMPOE, O.C.; FREIBERG, M. 2007. Assessing the above-ground biomass of a complex tropical rainforest using a canopy crane. *Austral Ecology*. 32, 43-58.
  - LUTHER, J.E.; FOURNIER, R.A.; PIERCEY, D.E.; GUINDON, L.; HALL, R.J. 2008. BIOMASS mapping using forest type and structure derived from Landsat TM imagery. 2008. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*. 8, 173-187.
  - MIKŠYS, V.; VARNAGIRYTE-KABASINSKIENE, I.; STUPAK, I.; ARMOLAITIS, K.; KUKKOLA, M.; WÓJCIK, J. 2007. Above-ground biomass functions for Scots pine in Lithuania. *Biomass and Bioenergy*. 31, 685-692.
  - MONTAGU, K.D., DUTTMER, K., BARTON, C.V.M. AND COWIE, A.L., 2005. Developing general allometric relationships for regional estimates of carbon sequestration--an example using *Eucalyptus pilularis* from seven contrasting sites. *Forest Ecology and Management*, 204(1): 115-129.
  - PATENAUDE, G.; MILNE, R.; DAWSON, T.P. 2005. Synthesis of remote sensing approaches for forest carbon estimation: reporting to the Kyoto Protocol. *Environmental Science and Policy*. 8, 161-178.
  - ROY, P. Y RAVAN, S. 1996. Biomass estimation using satellite remote sensing data – An investigation on possible approaches for natural forest. *Journal of Bioscience*. 21, 535-561.
  - WACKERNAGEL, H. 2003. *Multivariate Geostatistics: an Introduction with Applications*, 3rd edn., Springer, Berlin, 387 pp.
  - WACKERNAGEL, H., BERTINO, L., SIERRA, J.P. AND GONZÁLEZ DEL RÍO, J. 2002. Multivariate kriging for interpolating with data from different sources. In: Anderson, C.W., Barnett, V., Chatwin, P. and El Shaarawi, A.H., eds., *Quantitative Methods for Current Environmental Issues*, Springer-Verlag, London, pp. 57-75. ■



## LIDAR (Light Detection and Ranging)

LIDAR, su traducción literal sería “Detección y medición de luz”. En ideas generales es una tecnología que permite determinar distancias entre el sensor LIDAR y su objetivo promedio de la medición del tiempo entre la emisión del pulso láser y su recepción, una vez reflejado por el objetivo. En términos simples, funciona como un sistema que permite registrar las diferentes alturas que existen en la superficie de la tierra y reflejarlas posteriormente en un modelo, aplicaciones en los campos de ingeniería y las geociencias.

El objetivo primordial de su adquisición es aumentar las capacidades de captura, procesamiento, almacenamiento y difusión de la información geoespacial, teniendo la capacidad de complementarse con el equipamiento ya disponible en la actual línea productiva que posee el Servicio Aerofotogramétrico, SAF, ya sea con la cámara multiespectral DMC como los aviones DHC-6 Twin Otter y Lear Jet A-35.

En ideas generales, LIDAR es un sistema activo que mide propiedades de un pulso emitido, y luego reflejado por un objetivo dado, con el fin de determinar la distancia sensor-objetivo, calculada a partir de la medición del tiempo transcurrido entre el instante de emisión ( $t_e$ ) y el de recepción ( $T_r$ ) del pulso.

Paralelamente, se obtiene datos de posición espacial precisa para cada punto medido, a través de la utilización de receptores GPS (Global Positioning System) doble frecuencia, uno dispuesto en una estación con coordenadas conocidas (Estación Base) y el otro a bordo de la aeronave (Estación Rover), utilizando el método DGPS (Differential GPS) de posicionamiento.

Y la orientación del transporte aéreo utilizado, en cada instante, por medios una IMU (Inertial Measurement Unit).

Al repetirse esta acción 200.000 veces por segundo, sobre un área de la superficie terrestre, el resultado es una nube de puntos que refleja fielmente lo que estaba bajo el sensor LIDAR durante el proceso de escaneo. La importancia fundamental es que permite hacer estudios sin estar en contacto directo con el terreno en cuestión, su funcionamiento no depende del ángulo solar, de la cobertura nubosa o si es de noche o día al momento de realizar la medición, ventaja comparativa con la aerofotogrametría convencional. Posteriormente un software es el que traduce esta información.

Esto se apoya en una imagen que es capturada por una cámara aérea para lograr diferenciar todos los elementos del terreno.

La característica fundamental del barrido LIDAR, es que permite hacer estudios cuantificando elementos territoriales, ya sea estimando volúmenes, estimando cantidad de ejemplares de cualquier elemento, modelando en 3D, sin necesidad de estar en contacto directo con el territorio en cuestión. Por ejemplo, en el campo forestal /agrícola permite hacer mediciones precisas de forma remota que con otro medio no se podría lograr, permite el control de las plantaciones, monitorear el crecimiento, y así aumentar la productividad o realizar estimaciones respecto a las producciones. Todo radica en la posibilidad de cuantificar y medir, hecho que la cámara convencional no permite.

Las principales diferencias y el valor agregado de este producto, tiene que ver con el sensor mismo, pues éste tiene incorporada una cámara multispectral en medio formato de alta resolución, que permite ir capturando imágenes áreas multispectrales (se puede obtener, por lo tanto, orto fotos en RGB, pancromático e infrarrojo cercano) en el mismo momento en que se está haciendo el levantamiento de información.

El trabajo sincronizado de la cámara con el sensor láser, ayuda enormemente en el post proceso de los datos LIDAR, específicamente en la etapa de filtrado, para poder diferenciar aquellos elementos del terreno, que en la malla de puntos sean poco claros.

Productos que se pueden obtener a partir de un levantamiento LIDAR, y cuáles son sus características?

Los productos que se pueden obtener de un levantamiento son muy variados, abarcando una multiplicidad de áreas que involucren tanto el ámbito civil como el militar.

Dentro de las aplicaciones más frecuentes para lo que se utiliza este sensor se encuentran las aplicaciones forestales/agrícolas, estudio de infraestructura y planificación urbana, aplicaciones en geografía física y monitoreo de áreas sensibles, aplicaciones militares, realización de cartografía entre otras. Desde estas aplicaciones se pueden obtener cuantificaciones precisas de distintos elementos.



## SERVICIOS

Cartografía Aeronáutica  
Productos Fotogramétricos  
Planos y Mosaicos Digitales  
Vuelos Aerofotogramétricos

## PRODUCTOS

Fotografía Digital (Cámara DMC Intergraph)  
Fotografía Análoga (Cámara Leica RC-30)  
Corrección Geométrica  
Fotografía Aérea Infrarrojo  
Modelos Digitales de Elevación (DEM)  
Fotografía Aérea Color y Blanco & Negro  
Sistemas de Información Geográfica (SIG)  
Imágenes Satelitales (Eros B- Spot 4 Modis)



Avda. Diego Barros Ortiz N° 2300 - Aeropuerto Arturo Merino Benitez-Pudahuel - Fono:3272000 - Fax: 3272054  
Sala de Ventas: Encuentreros N° 270 - Las Condes - Fono: 3272085 - Fax: 3272096 - E-Mail: ventas@saf.cl