

2012  
revista de extensión

ISSN 0718-2708

Año 7, Nº 12, 2012

# ambiente FORESTAL



# Bioenergía

A partir de Biomasa generamos energía limpia y renovable que abastece nuestras instalaciones y además, aportamos al país energía eléctrica equivalente al consumo de Talca, Chillán y Valdivia.

**En ARAUCO Bioenergía, producir energía limpia es Sembrar Futuro.**



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



**ARAUCO.**  
Sembramos Futuro

REPRESENTANTE LEGAL

*Javier González M.*

DIRECTORA

*Karen Peña R.*

SUB DIRECTOR

*Gabriel Mancilla E.*

COMITÉ EDITORIAL

*Miguel Castillo S.*

*Rose Marie Garay M.*

*Alejandro García M.*

*Amanda Huerta F.*

*Tomás Karsulovic C.*

*Adelina Manríquez L.*

*Gabriel Mancilla E.*

*Karen Peña R.*

CONTACTO

*kpena@uchile.cl*

*ambienteforestal@uchile.cl*

EDICIÓN Y PRODUCCIÓN

**ECITECNO E.I.R.L.**

Marcoleta 328 Of. 111, Santiago

Fono: (02) 26659526

Contacto: *ecitecnoeirl@gmail.com*

COORDINACIÓN Y  
OPERACIONES

*Francisco Perry O.*

DISEÑO GRÁFICO

*Francisco Curihuinca S.*

*fcurihuinca@gmail.com*

*Cathy Palacios A.*

*cathy.palacios.a@gmail.com*

FOTOS PORTADA

Fac. Cs. For. y de la Conserv. de la Nat.

(A. Manríquez)

Paisaje Lengua (S. Donoso)

Paisaje Torres del Paine (K. Peña)

Bosque Siempreverde, Villa Santa Lucía,

X Región (Francisco Perry)

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.

# INDICE

ÍNDICE ..... 1

EDITORIAL ..... 2

**Métodos de cosecha forestal que combinan conservación de la biodiversidad y los ciclos naturales del bosque primario con la producción maderera en tierra del fuego** ..... 3

*Guillermo Martínez P., Pablo Luis P., Juan Manuel C., María Vanessa L., Marcelo Daniel B., Rosina Soler E. y Horacio Ivancich.*

**Gestión forestal próxima a la naturaleza** ..... 13

*Manuel Toral I., Luis Alberto González R., Roberto Garfías S.*

**Uso de índices evolutivos para la evaluación de taxa y ecosistemas: contribuciones de la filogenética a la conservación** ..... 19

*Rosa Scherson V.*

**Problemática de ríos Transfronterizos o de flujo continuo** ..... 25

*Matilde López M. y Oscar Fernández P.*

**Los incendios forestales en Chile un problema permanente y creciente** ..... 28

*Miguel E. Castillo S.*

**Bioinsecticida a base de hojas de boldo contra la vaquita del olmo** ..... 33

*Ítalo Chiffelle G., Amanda Huerta F., Rodrigo Jiménez C. y Jaime E. Araya C.*

**Optimización técnico económica de la vivienda de emergencia** ..... 37

*Garay R., Valencia I., Figueroa W., Pfenniger F., Tapia R., Larenas J., Toro R.*

# EDITORIAL



*Dr. Alejandro Eduardo García Mora  
Director de Extensión  
Facultad de Ciencias Forestales y de la  
Conservación de la Naturaleza  
Universidad de Chile*

## ***El rol actual del Ingeniero Forestal y la respuesta de la Facultad a estos nuevos desafíos***

Después de la actividad minera, el total de las exportaciones del sector forestal chileno representan la segunda mayor fuente de ingresos para el país y la primera si se considera que están basadas en un recurso natural renovable. Este logro ha sido posible gracias a la vertiginosa expansión del sector en el pasado, como también a las ventajas competitivas que posee el país. Es así por ejemplo, que las plantaciones forestales de especies exóticas claves como Pino radiata o Eucalipto, motores relevantes de este desarrollo, exhiben en ecosistemas chilenos tasas de crecimiento considerablemente más rápidas que en sus ambientes originales. Por otra parte, Chile, a nivel mundial posee el mayor porcentaje de superficie destinada a la conservación de ecosistemas, ya sea a través del Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas del Estado (SNASPE) u otras opciones de más reciente origen. En este último sentido, la labor de Instituciones como La Corporación Nacional Forestal (CONAF), juega un rol fundamental, reforzando la identidad forestal del país.

Estos antecedentes sorprenden a los posibles futuros estudiantes de esta carrera cuando se acercan al *stand* de promoción de la profesión, para informarse respecto de sus alcances o de sus posibilidades de desarrollo laboral. El quehacer del Ingeniero Forestal sorprende a estos jóvenes cuando descubren su rol protagonista en tareas tan importantes como la conservación de la naturaleza, el desarrollo sustentable del país o el cuidado del medio ambiente.

Estas nuevas generaciones han crecido escuchando respecto de los actuales desafíos que enfrenta la humanidad, tales como el Efecto Invernadero o el Cambio Climático, y se sienten comprometidos

para ser líderes del cambio necesario. La carrera de Ingeniería Forestal en Chile, que nació en la Casa de Bello hace 61 años, ofrece actualmente interesantes perspectivas, herramientas y conocimientos de excelencia para orientar la vocación de esta nueva generación de jóvenes. El compromiso de la Facultad de Ciencias Forestales y de la Conservación de la Naturaleza de la Universidad de Chile con este cambio necesario se ha materializado en la creación de un nuevo currículum basado en competencias, lo cual supone un enfoque distinto en la forma de hacer docencia y preparar de mejor manera al futuro Ingeniero Forestal conforme a las demandas actuales. Este nuevo plan, que ya lleva dos años de implementación, acerca a los estudiantes a su campo laboral desde el primer día y les permite optar a nuevas posibilidades de educación continua mediante la obtención de un grado de Magister en un período más acotado que lo que era factible hasta ahora.

Por su parte, el cambio de nombre de la Facultad, el cual implicó agregar el componente “y de la Conservación de la Naturaleza” al tradicional concepto de “Ciencias Forestales”, da cuenta de la importancia que reviste actualmente este aspecto en el ámbito profesional, para así alcanzar un protagonismo indiscutible ante los desafíos del Ingeniero Forestal de hoy y del mañana. Es indudable que la conservación del patrimonio natural es un pilar para el desarrollo sustentable de las naciones, constituyéndose en una opción viable para la subsistencia de la humanidad en un futuro desafiante y con incertidumbre.

Por estos motivos, invitamos a Ud. estimado lector a conocer más sobre el amplio quehacer del Ingeniero Forestal a nivel nacional e internacional, mediante la revisión de los artículos disponibles en el presente número de la revista Ambiente Forestal.

# MÉTODOS DE COSECHA FORESTAL QUE COMBINAN CONSERVACIÓN DE LA BIODIVERSIDAD Y LOS CICLOS NATURALES DEL BOSQUE PRIMARIO CON LA PRODUCCIÓN MADERERA EN TIERRA DEL FUEGO

Guillermo Martínez Pastur<sup>(1)</sup>, Pablo Luis Peri<sup>(2)</sup>, Juan Manuel Cellini<sup>(3)</sup>, María Vanessa Lencinas<sup>(4)</sup>, Marcelo Daniel Barrera<sup>(5)</sup>, Rosina Soler Esteban<sup>(6)</sup> y Horacio Ivancich<sup>(7)</sup>

<sup>(1)</sup>Dr. (Mag.) Ingeniero Forestal, CADIC CONICET (Argentina). gpastur@conicet.gov.ar

<sup>(2)</sup>PhD. Ingeniero Forestal, UNPA INTA CONICET (Argentina). pperi@correo.inta.gov.ar

<sup>(3)</sup>Dr. (Mag.) Ingeniero Forestal, LISEA UNLP (Argentina). jmc@agro.unlp.edu.ar

<sup>(4)</sup>Dr. (Mag.) Ingeniera Forestal, CADIC CONICET (Argentina). vlencinas@cadic-conicet.gob.ar

<sup>(5)</sup>Dr. Licenciado en Biología, LISEA UNLP (Argentina). mbarrera@agro.unlp.edu.ar

<sup>(6)</sup>Dr. Licenciada en Biodiversidad, CADIC CONICET (Argentina). rosinas@cadic-conicet.gob.ar

<sup>(7)</sup>Ingeniero Forestal, CADIC CONICET (Argentina). horacioivancich@cadic-conicet.gob.ar

Los bosques de *Nothofagus pumilio* (lenga) en Tierra del Fuego han sido utilizados por los pueblos originarios desde hace miles de años (Orquera *et al.*, 2012), pero su aprovechamiento a gran escala comenzó con la colonización europea, incluyendo incendios, remoción de árboles y posterior conversión a pastizales (Gea *et al.*, 2004). Miles de hectáreas de bosque fueron transformadas para la ganadería (e.g., cerca de 30 mil ha en el sector argentino), donde algunos sectores recuperaron parcialmente su cobertura forestal. Estas áreas recuperadas generaron bosques secundarios, aunque recuperaron su cobertura forestales no recuperaron completamente sus funciones ecosistémicas ni los niveles de biodiversidad precosecha (e.g., Spagarino *et al.*, 2001; Martínez Pastur *et al.*, 2002).

Numerosas propuestas silvícolas se han implementado desde principios del siglo pasado hasta la actualidad para los bosques de Tierra del Fuego (talas rasas en fajas, cortas de selección, cortas de protección, cortas en bosquetes) (e.g., González *et al.*, 2006). Estos métodos se basan principalmente en aspectos económicos definidos exclusivamente por parámetros forestales (costos, rendimiento y crecimiento) (Martínez Pastur *et al.*, 2000; Cellini *et al.*, 2005), siguiendo las tendencias mundiales de los últimos 150 años que buscan transformar el bosque primario en bosques secundarios manejados con una alta productividad maderera. Sin embargo, desde principios de la década de los '80 se planteó a nivel mundial la necesidad de establecer nuevas alternativas silviculturales que incluyan a la conservación de la biodiversidad y los ciclos naturales del bosque en la

toma de decisiones en el marco del manejo forestal a largo plazo (Martínez Pastur *et al.*, 2010a; Lindemayer *et al.*, 2012).

Estas nuevas alternativas de manejo forestal plantean la necesidad de elaborar nuevos paradigmas, donde los parámetros económicos y los no económicos alcancen un equilibrio tendiendo a la sostenibilidad ambiental del sistema bajo manejo (Martínez Pastur y Lencinas 2005; Gustafsson *et al.*, 2012). Esta nueva perspectiva, incluye a su vez, la necesidad de planificar a diferentes escalas de paisaje (Luque *et al.*, 2010). Mientras que, el manejo forestal tradicional solo se focaliza a escala de rodal, las nuevas propuestas silvícolas incluyen diferentes escalas de manejo (regional, predial, rodal, microambientes). El objetivo de trabajar a diferentes escalas es considerar la conservación de todo el ensamble de la biodiversidad y los demás servicios ecosistémicos, y no solo aquellos relacionados con los bosques productivos, debido a que un cambio en una determinada área induce a impactos indirectos en otras áreas.

## **LA NECESIDAD DE CONSERVAR LA BIODIVERSIDAD A DIFERENTES ESCALAS**

Las estrategias de conservación de los últimos 100 años en la Argentina se han centrado en la creación de Parques Nacionales y Áreas Protegidas, las que se han definido con criterios de conservación (e.g., la presencia de especies de interés como *Fitzroya cupressoides*) o geo-políticos (e.g., gran parte de los Parques Nacionales en la Patagonia Argentina se ubican sobre las fronteras). Si bien estas áreas de conservación cubren grandes extensiones, solo incluyen un pequeño porcentaje del total de la biodiversidad de los ecosistemas (Lencinas *et al.*, 2007; Luque *et al.*, 2010; Lindemayer *et al.*, 2012). Es por ello, que son necesarias reservas homogéneamente distribuidas por todo el paisaje y no en lugares remotos o marginales. Por otra parte, el ensamble a nivel predial muestra que la biodiversidad se presenta en forma diferencial para los distintos tipos de bosques y que

la misma es mayor en los bosques productivos de alta calidad de sitio (Lencinas *et al.*, 2005; 2007; 2008a; 2008b). Esto significa, que bosques de una misma especie localizados en un mismo predio pueden diferir en su biodiversidad de acuerdo a las características de los rodales. Por otra parte, la industria forestal ha evolucionado en las últimas décadas, convirtiendo la cosecha en un proceso de alto rendimiento, por ejemplo, en los países nórdicos se cosechan los troncos para el aserrado, la producción de tableros y pulpa, y las ramas, hojas, tocones y raíces para la producción de energía a partir de biomasa. Esto llevó a que se definieran nuevas propuestas de manejo y conservación a escalas menores, tanto a nivel de rodal como de microambientes. Estas menores escalas implican retener elementos del bosque original para permitir la supervivencia de la diversidad dentro de los bosques manejados e impedir que los ciclos naturales lleguen a niveles críticos, afectando a todo el ecosistema y no solamente a los bosques bajo manejo (Lindemayer *et al.*, 2012; Gustafsson *et al.*, 2012).

La base teórica de estas propuestas implica retener componentes del bosque primario en el bosque aprovechado en diferentes grados y diseños, por ejemplo, retención agregada o dispersa (Franklin *et al.*, 1997). Una escala de microambiente, implica pensar en manipular el rodal de modo de favorecer a la regeneración o una especie en particular a través de acciones concretas realizadas durante la cosecha (e.g., distribuir residuos en patrones o cantidades determinadas, o dejar tocones de mayor tamaño para la conservación de determinadas especies de insectos) (Gustafsson *et al.*, 2012).

## **LA RETENCIÓN VARIABLE COMO ALTERNATIVA DE COSECHA DE LOS BOSQUES NATIVOS**

Los métodos silviculturales propuestos para estos bosques implican la remoción de todos los árboles en el tiempo. En el caso de la tala rasa, esta remoción se hace en un solo paso, mientras que en los otros métodos (cortas de selección, cortas de

protección, cortas en bosquetes) se realizan en dos o más etapas (Gea *et al.*, 2004; Cellini *et al.*, 2005; Martínez Pastur y Lencinas 2005; Martínez Pastur *et al.*, 2000; 2005). En estos bosques bajo manejo, con el tiempo se remueven todos los individuos añejos o con defectos (huecos y/o con pudriciones), así como la presencia de residuos en el suelo, componentes necesarios para la supervivencia de numerosas especies que viven en el bosque. La alternativa propuesta para los bosques de Patagonia Sur (Figuras 1 y 2), que combina producción y conservación, incluye: (i) la mantención de bosques de protección como los ribereños, los de borde (bosque-pastizal o turbal), en pendiente o de baja calidad de sitio, (ii) la retención de una parte del bosque primario productivo en forma de agregados (uno por hectárea de 30 m de radio), (iii) 10-15 m<sup>2</sup> de área basal de retención dispersa entre agregados, y (iv) la retención de la madera muerta, tocones, raíces y restos no maderables provenientes de las copas (Martínez Pastur y Lencinas 2005; Gustafsson *et al.*, 2012).

Esta propuesta, tiene rendimientos de cosecha comparables a una cosecha inicial de una corta de protección (Martínez Pastur *et al.*, 2009; Lindenmayer *et al.*, 2012), pero con menores costos de volteo y rastreo (Martínez Pastur *et al.*, 2007). Asimismo, ha demostrado ser eficiente para conservar la biodiversidad y los ciclos naturales del bosque original, por ejemplo el mantenimiento de la diversidad de insectos terrestres (Lencinas *et al.*, 2007; 2010) y acuáticos (Simanonok *et al.*, 2011), aves (Lencinas *et al.*, 2009a), musgos (Lencinas *et al.*, 2008c), hongos (Ducid *et al.*, 2005) y plantas del sotobosque (Lencinas *et al.*, 2011), así como también mejorasen los ciclos de producción de flores, semillas, regeneración (González *et al.*, 2006, Martínez Pastur *et al.*, 2008; 2011a; 2011b), microclima y ciclos de nutrientes (Martínez Pastur *et al.*, 2005; 2007).



**Figura 1: Aplicación de la retención variable (retención agregada y dispersa) en bosques de *Ea. Los Cerros* (Tierra del Fuego, Argentina).**



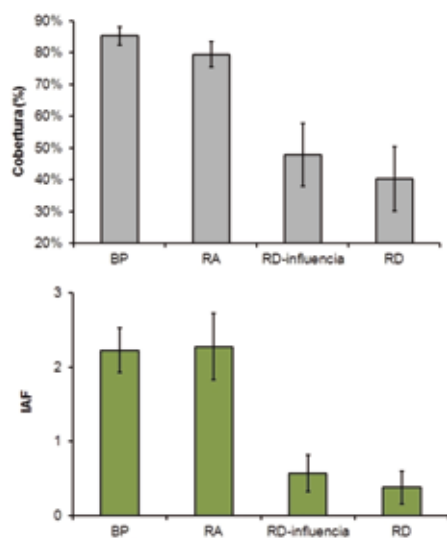
**Figura 2: Aplicación de la retención variable en bosques de *Ea. Los Cerros* (Tierra del Fuego, Argentina) donde se muestran los bosques de producción y los ambientes asociados no productivos: (1) bosques primarios sin intervención, (2) bosques de baja calidad de sitio, (3) bosques de *Nothofagus antarctica*, (4) bordes de protección, (5) bosques ribereños, y (6) humedales. Cada división de la barra son 100 m.**

## LA RETENCIÓN VARIABLE MEJORA LAS FUNCIONES ECOSISTÉMICAS DE LOS BOSQUES COSECHADOS

Los beneficios asociados a la retención variable han sido descritos en una gran cantidad de trabajos publicados recientemente a lo largo de todo el mundo (Gustafsson *et al.*, 2012 y Lindenmayer *et al.*, 2012). A continuación, se describen solo algunos aspectos que no han sido previamente reportados para los bosques de *Nothofagus pumilio* en Tierra del Fuego (Argentina) con datos obtenidos en parcelas de muestreo de largo plazo (ver descripciones en Martínez Pastur *et al.*, 2010a).

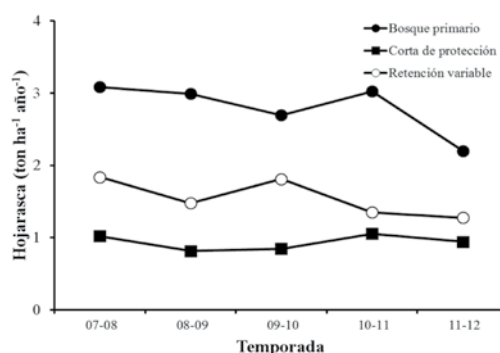
### a) Producción de hojarasca y semillas:

Los bosques primarios poseen una alta cobertura de copas que se alterna con la formación de pequeños "gaps", propios de su dinámica natural, donde en promedio, el dosel superior presenta más del 80% de cobertura (Figura 3). La retención variable genera un gradiente de coberturas que van desde coberturas similares a las del bosque primario en los agregados (índice de área foliar, IAF cercanos a 2) hasta valores de cobertura del 40-50% en la retención dispersa. Estos valores de cobertura son similares a los sugeridos para la primera intervención de una corta de protección (IAF entre 0,4 y 0,6). Estas coberturas están en relación con las áreas basales remanentes. En los bosques primarios se encontraron  $69 \pm 16 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$ , mientras que luego de la cosecha con retención variable presenta una retención final de  $34 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$ , donde los agregados tienen  $78 \pm 18 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$  (30% de la superficie del rodal), la retención dispersa con influencia de los agregados tiene  $18 \pm 12 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$  (50% de la superficie) y la retención dispersa sin influencia de los agregados tiene  $11 \pm 8 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$  (20% de la superficie). Los montos de retención finales por unidad de superficie de la retención variable son similares a los sugeridos para la corta de protección ( $30 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$ ), donde la diferencia es la forma en la que se retienen los árboles dentro del rodal bajo manejo.



**Figura 3: Cobertura de copas e índice de área foliar (IAF) en el bosque primario (BP) y en los árboles remanentes de la retención variable (RA = retención agregada, RD-Influencia = retención dispersa bajo la influencia de la RA, RD = retención dispersa) (ver metodología en Martínez Pastur et al., 2011a; 2011b). Barras indican el desvío estándar de la media.**

Si bien las coberturas y las áreas basales remanentes por unidad de superficie son similares entre la retención variable y la corta de protección, la producción de hojarasca y semillas difiere entre ambas propuestas silvícolas (Figura 4). La producción de hojarasca en el bosque primario en un sitio de calidad media es de  $2,8 \pm 0,4 \text{ ton ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ , donde la retención variable mantuvo el 69% de dicha producción y la corta de protección un 33%. Esto se debe al decaimiento y mortalidad de las copas de los árboles remanentes luego de la cosecha. En el caso de la retención variable, este decaimiento se observa en los árboles de la retención dispersa, pero no en los árboles de la retención agregada.

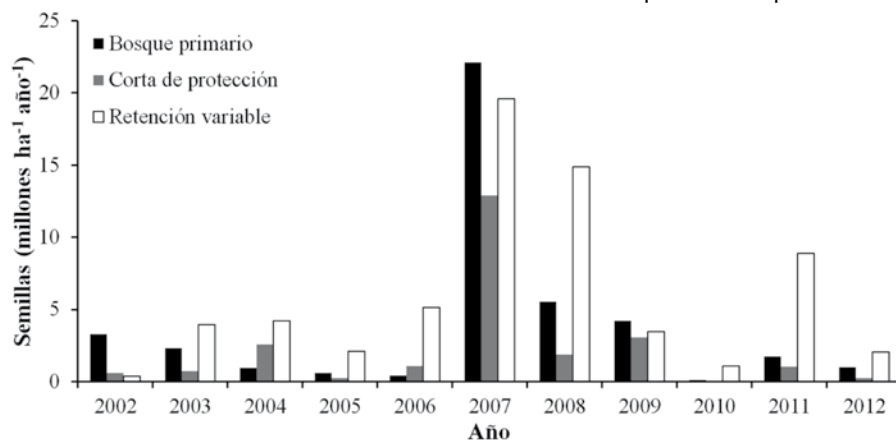


**Figura 4: Producción de hojarasca en bosques primarios y bajo manejo en bosques de calidad de sitio media (Ea. San Justo, Tierra del Fuego, Argentina).**

Los patrones de producción de semillas difieren entre los sectores cosechados (retención dispersa) y los sectores no cosechados (bosques primarios y retención agregada). Se ha observado que hay años en los que la producción de semilla es mayor en los sectores no intervenidos, mientras que en otros años ocurre en los sectores cosechados. A partir de los estudios de largo plazo se observó que la retención variable produce una mayor cantidad de semillas ( $5,9 \pm 6,1 \text{ millones ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ ) que el control ( $3,8 \pm 6,3 \text{ millones ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ ) y la corta de protección ( $2,2 \pm 3,7 \text{ millones ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ ) (Figura 5). Cabe destacar que la cosecha de estos rodales fue en el año 2001. Por otra parte, se observó que el efecto de borde de los agregados genera condiciones adecuadas para una mayor producción de semillas, la que en parte se



dispersa al sector cosechado. Existen estudios que han evaluado la capacidad de dispersión de las semillas en función del peso de las mismas, la altura de los árboles y la velocidad del viento, determinando que la dispersión potencial de las mismas cubre toda el área cosechada desde los agregados en la propuesta para Tierra del Fuego (Cellini, 2010).



**Figura 5: Producción de semillas en bosques primarios y bajo manejo (Ea. San Justo, Tierra del Fuego, Argentina).**

### **b) Dinámica de la regeneración:**

Los bosques primarios generan un banco de plántulas que se recambia en cortos períodos de tiempo, asociados a los máximos períodos de producción de semillas, y que llegan a valores promedios de regeneración de  $424 \pm 426$  miles  $\text{ha}^{-1}$  (Figura 6). La retención agregada presenta un comportamiento similar ( $501 \pm 348$  miles  $\text{ha}^{-1}$ ), sin embargo, el ingreso de luz desde los bordes del agregado permiten una mayor supervivencia de las plántulas. En los sectores cosechados las plántulas presentan mayor crecimiento, generando una mayor mortalidad por efecto de la competencia. En estos sectores, en general se observan dos clases de edades, una compuesta por las plántulas sobrevivientes de la cosecha que se encontraban en el bosque primario, y una segunda clase con las plántulas que se establecen en los años posteriores a la cosecha (en la retención dispersa bajo la influencia de los agregados se encontraron  $166 \pm 64$  miles  $\text{ha}^{-1}$

y en la retención dispersa lejos de la influencia de los agregados  $87 \pm 29$  miles  $\text{ha}^{-1}$ ). Cabe destacar que la cosecha de estos bosques se produjo entre 2005-2006 y que la dinámica de la regeneración sigue evolucionando favorablemente. El establecimiento y posterior crecimiento de la regeneración se relaciona con numerosos factores, entre ellos: (i) el impacto producido por la cosecha sobre el suelo forestal

y la regeneración pre-instalada, (ii) la cobertura de los árboles remanentes (intensidad de luz disponible), (iii) los micrositios del bosque cosechado y la influencia puntual de los agregados, y (iv) el impacto de la herbivoría (Martínez Pastur *et al.*, 1999a; 1999b; 2007; 2008; 2010a; 2010b; 2011a; 2011b; Soler Esteban *et*

*al.*, 2012). Los valores de regeneración obtenidos son adecuados para poder regenerar completamente los rodales. Sin embargo, es posible mejorar estos valores realizando acciones durante las tareas de cosecha, por ejemplo, al distribuir los residuos por toda el área de cosecha, especialmente en los sectores más expuestos (e.g., exposiciones norte de los agregados) y disminuir los impactos de la maquinaria sobre el suelo forestal.

### **c) Conservación de la biodiversidad:**

La retención variable ha demostrado ser una alternativa eficiente para conservar la biodiversidad de los bosques primarios dentro de los bosques aprovechados. Esto se debe a que la retención variable genera un gradiente de microambientes dado por los componentes retenidos del bosque primario, que le permite a las diferentes especies sobrevivir hasta que se recupere la estructura forestal de los bosques manejados. Sin embargo, los bosques cosechados también ofrecen ambientes adecuados para especies que usualmente no viven dentro del bosque primario

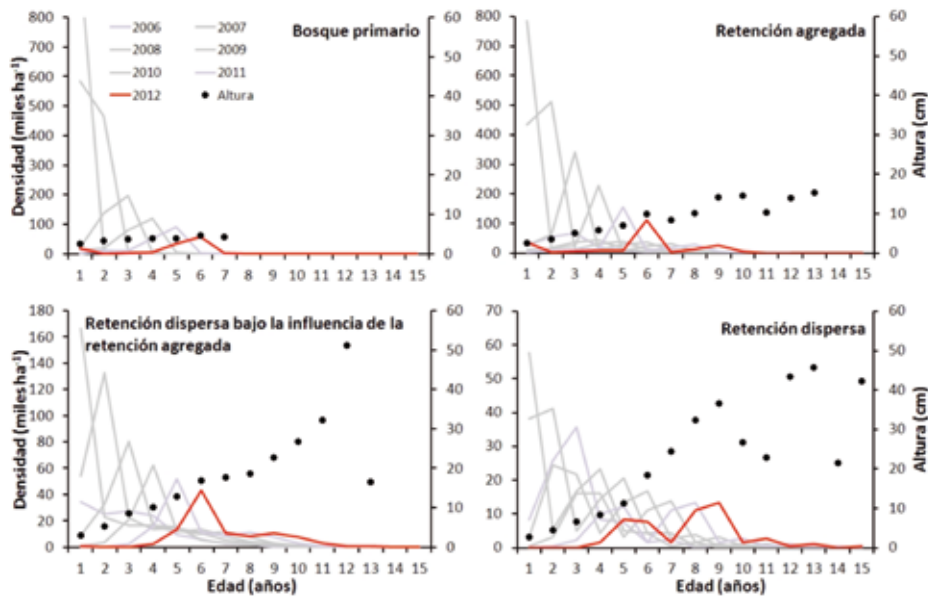


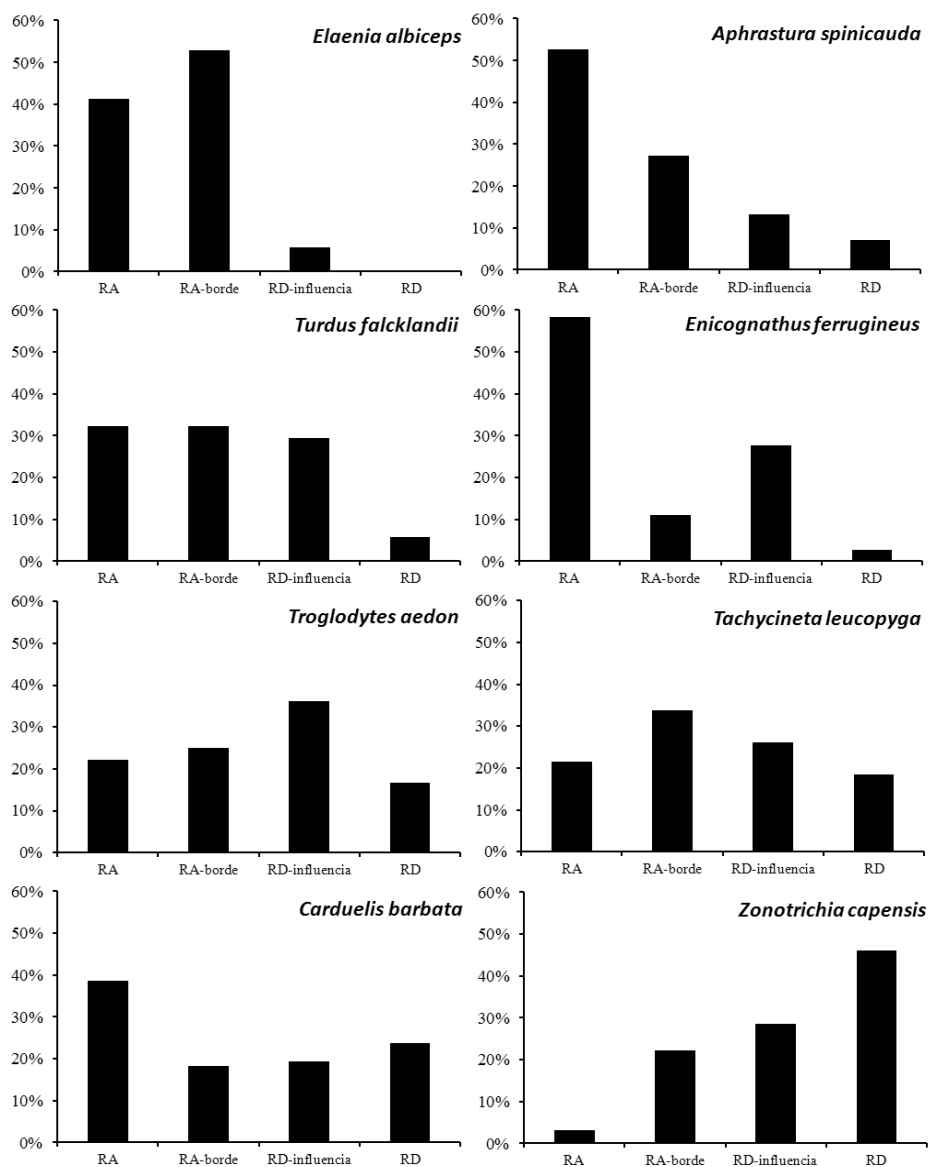
Figura 6: Dinámica de la regeneración en bosques primarios y cosechados mediante retención variable (Ea. Los Cerros, Tierra del Fuego, Argentina).

y que suelen crecer en los ambientes asociados (e.g., bosques de *Nothofagus antarctica* o pastizales), así como una gran diversidad de especies exóticas que pueden ingresar a los bosques debido a los disturbios generados por la cosecha (e.g., Lencinas *et al.*, 2007; 2009a; 2011).

Esta incorporación de nuevas especies genera nuevas interacciones de competencia y/o facilitación con las especies propias del bosque primario que son el objeto primario de la conservación. Como consecuencia de los impactos de la cosecha, a nivel de rodal es posible encontrar entonces una mezcla de: (i) especies nativas del bosque primario, (ii) especies nativas de los ambientes asociados, y (iii) especies exóticas que ingresan desde otros ambientes (e.g., principalmente por los caminos o los cursos de agua). Es por ello, que los estudios de conservación son complejos y deben considerar una gran cantidad de factores, muchas veces con estudios a largo plazo. Un ejemplo se puede analizarlo con las aves del bosque (Figura 7) que se observaron en la retención variable (Vergara y Schlatter, 2006; Lencinas *et al.*, 2009a). Algunas aves solo sobreviven en los bosques cosechados que incluyen a la retención agregada (e.g., *Elaenia*

*albiceps*), donde raramente se la observará en las áreas intervenidas. Otras aves propias del bosque toman ventaja de las áreas de cosecha, usando los agregados como refugio y las zonas intervenidas cercanas a los mismos para alimentarse (e.g., *Aphrasturas pinicauda*, *Turdus falcklandii*, *Enicognathus ferrugineus*). Otras se adaptan perfectamente a los bosques aprovechados, empleando como refugios los residuos o los árboles remanentes, y utilizando a los agregados con los mismos niveles que lo hacían en el bosque primario (e.g., *Troglodytes aedon*, *Carduelis barbata*). Por otra parte, especies que no son propias del bosque primario (e.g., *Zonotrichia capensis*) ingresan a los bosques cosechados para alimentarse. Estas especies también suelen utilizar los ambientes de bordes (e.g., los agregados) como refugio temporal.

Otros grupos de organismos presentan una mayor complejidad en los estudios de conservación, entre ellos los insectos. Este grupo ha sido muy poco estudiado en estos bosques, donde sólo aproximadamente la mitad de las especies han sido descritas y donde la autoecología de las especies es prácticamente desconocida. Es el grupo más afectado por las prácticas de manejo tradicionales (e.g.,

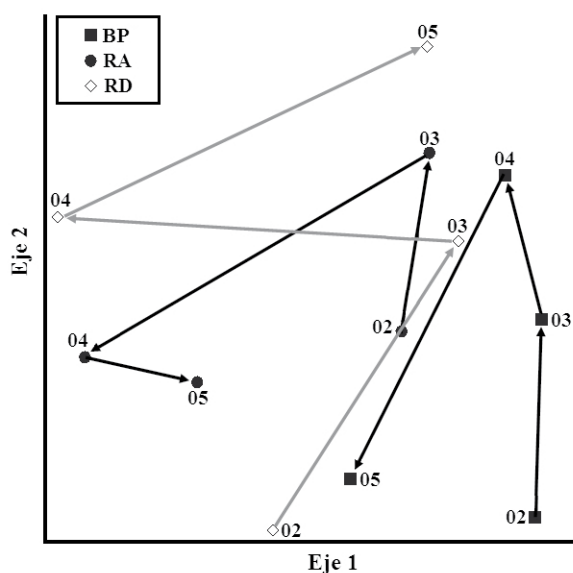


**Figura 7: Uso porcentual de los sectores del bosque cosechados mediante retención variable por las poblaciones de aves durante las primeras horas después del amanecer en días soleados (Ea. San Justo, Tierra del Fuego, Argentina).**

Spagarino *et al.*, 2001) y es el que presenta la mayor variabilidad a escala de paisaje, con una enorme proporción de especies exclusivas de los bosques de producción (Lencinas *et al.*, 2008a). Las prácticas de manejo mediante retención variable han demostrado ser una eficiente herramienta para incrementar el valor de conservación de los bosques cosechados en todo el mundo (Gustafsson *et al.*, 2012; Lindenmayer *et al.*, 2012) y para Tierra del Fuego en particular (Lencinas *et al.*, 2007). Esta práctica silvícola mejoró la conservación

de varios grupos de insectos, entre ellos los lepidópteros (Lencinas *et al.*, 2010) e insectos acuáticos (Simanonok *et al.*, 2011). El estudio de los insectos ofrece numerosos desafíos, entre ellos la alta variabilidad poblacional entre años (Lencinas *et al.*, 2007; 2009b) y la alta interrelación existente con otros grupos de organismos (e.g., Spagarino *et al.*, 2001). Es por ello, que es necesario realizar estudios a largo plazo para llegar a comprender la respuesta que puede ofrecer una determinada propuesta silvícola, e.g. es posible observar un comportamiento diferencial de acuerdo a los años estudiados (Figura 8) debido a cambios naturales en las estructuras poblacionales. Algunas especies presentan variaciones significativas en su abundancia, desde miles por árbol en algunos años a unos escasos individuos en otros. En la Figura 8, puede observarse que esta variación es similar entre los bosques primarios y los agregados. La diferencia entre ambos tratamientos está dada por la pérdida de algunas especies, y pequeños cambios en la abundancia. Al igual que con las aves, hay especies que mantienen sus poblaciones en los agregados, otras que aumentan debido a los recursos que ofrecen los sectores cosechados, otras que se ven afectadas por la cosecha

o que son forrajeadas con mayor intensidad por la mayor presencia de aves en los agregados. En el caso de la retención dispersa, esta variación no es cíclica, y a medida que pasa el tiempo esta diferenciación se acentúa (e.g., Spagarino *et al.*, 2001). Es por ello, que los estudios a largo plazo son fundamentales para comprender las magnitudes de los impactos o los potenciales beneficios de las acciones realizadas en conservación. Por ejemplo, si las mediciones de la retención dispersa se hubiesen realizado durante los primeros años, la misma aparecería como de alto valor de conservación, mientras que en los años posteriores esta apreciación hubiese cambiado radicalmente.



**Figura 8:** Ordenamiento de riqueza y abundancia de insectos en bosques primarios (BP) y cosechados mediante retención variable (RA = retención agregada, RD = retención dispersa) (Ea. San Justo, Tierra del Fuego, Argentina).

### Consideraciones finales

El hombre emplea los bosques para su propio beneficio (actividades recreativas, extractivas y/o productivas) produciendo un impacto significativo, independientemente de aquella actividad económica a la que hacemos referencia. El desafío reside en encontrar un equilibrio entre las variables económicas, ecológicas y sociales, para diseñar alternativas que permitan un uso responsable y sostenible en el tiempo. En este trabajo solo se han presentado algunas

ventajas de la retención variable como herramienta de conservación de la biodiversidad en equilibrio con la producción económica, mejorando las funciones ecosistémicas de los bosques cosechados. Estas herramientas deben ser diseñadas para cada caso y ecosistema en particular para atenuar los impactos producidos por el uso que hace el hombre de los mismos, y no se restringen solo a los bosques, sino también a pastizales, arbustales o humedales.

### BIBLIOGRAFÍA

- CELLINI, J.M.; MARTÍNEZ PASTUR, G.; VUKASOVIC, R.; LENCINAS, M.V.; DÍAZ, B; WABO, E. (2005) Pautas de sustentabilidad en el manejo forestal de los bosques de *Nothofagus pumilio* (Poepp. et Endl.) Krasser. *Vvyraretá* 13: 77-82.
- CELLINI, J.M. (2010) Estructura y regeneración bajo distintas propuestas de manejo de bosques de *Nothofagus pumilio* (Poepp et. Endl) Krasser en Tierra del Fuego, Argentina. Tesis doctoral. Fac. Ciencias Naturales y Museo. Universidad Nacional de La Plata. La Plata, Buenos Aires, Argentina.
- DUCID, G.; MURACE, M.; CELLINI, J.M. (2005) Diversidad fúngica en el filoplano de *Osmorhiza* spp. relacionado con el sistema de regeneración empleado en bosques de *Nothofagus pumilio* en Tierra del Fuego, Argentina. *Bosque* 26(1): 33-42.
- FRANKLIN, J.F.; BERG, D.R.; THORNBURGH, D.A.; TAPPEINER, J.C. (1997) Alternative silvicultural approaches to timber harvesting: variable retention harvest systems. En: *Creating a Forestry for the 21st Century* (Kohm, K.A. y Franklin, J.F., Eds.). Island Press, Washington, US. Pp. 111-139.
- GEA, G.; MARTÍNEZ PASTUR, G.; CELLINI, J.M.; LENCINAS, M.V. (2004) Forty years of silvicultural management in southern *Nothofagus pumilio* (Poepp. et Endl.) Krasser primary forests. *For. Ecol. Manage.* 201(2-3): 335-347.
- GONZÁLEZ, M.; DONOSO ZEGERS, C.; OVALLE, P.; MARTÍNEZ PASTUR, G. (2006) *Nothofagus pumilio* (Poepp. et Endl) Krasser - lenga, roble blanco, leñar, roble de Tierra del Fuego - Familia: Fagaceae. En: *Las*

- especies arbóreas de los bosques templados de Chile y Argentina: Autoecología (Donoso Zegers, C., Ed.). Marisa Cúneo Ediciones, Valdivia, Chile. pp. 486-500.
- GUSTAFSSON, L.; BAKER, S.; BAUHUS, J.; BEESE, W.; BRODIE, A.; KOUKI, J.; LINDENMAYER, D.; LÖHMUS, A.; MARTÍNEZ PASTUR, G.; MESSIER, CH.; NEYLAND, M.; PALIK, B.; SVERDRUP-THYGESON, A.; VOLNEY, J.; WAYNE, A.; FRANKLIN, J.F. (2012) Retention forestry to maintain multifunctional forests: a World perspective. *Bioscience* 62(7): 633-645.
  - LENCINAS, M.V.; MARTÍNEZ PASTUR, G.; MEDINA, M.; BUSSO, C. (2005) Richness and density of birds in timber *Nothofagus pumilio* forests and their unproductive associated environments. *Biodiv. Conserv.* 14(10): 2299-2320.
  - LENCINAS, M.V.; MARTÍNEZ PASTUR, G.; GALLO, E.; MORETTO, A.; BUSSO, C.; PERI, P. (2007) Mitigation of biodiversity loss in *Nothofagus pumilio* managed forests of South Patagonia. En: *Understanding biodiversity loss: An overview of forest fragmentation in South America* (Pacha, M.J.; Luque, S.; Galetto, L. y Iverson, L., Eds.). IALE Landscape Research and Management papers, Grenoble, Francia. Pp 112-120.
  - LENCINAS, M.V.; MARTÍNEZ PASTUR, G.; ANDERSON, CH.; BUSSO, C. (2008a) The value of timber quality forests for insect conservation on Tierra del Fuego Island compared to associated non-timber quality stands. *Insect Conserv.* 12: 461-475.
  - LENCINAS, M.V.; MARTÍNEZ PASTUR, G.; RIVERO, P.; BUSSO, C. (2008b) Conservation value of timber quality vs. associated non-timber quality stands for understory diversity in *Nothofagus* forests. *Biodiv. Conserv.* 17: 2579-2597.
  - LENCINAS, M.V.; MARTÍNEZ PASTUR, G.; SOLÁN, R.; GALLO, E.; CELLINI, J.M. (2008c) Forest management with variable retention impact over moss communities of *Nothofagus pumilio* understory. *Forstarchiv* 79: 77-82.
  - LENCINAS, M.V.; MARTÍNEZ PASTUR, G.; GALLO, E.; CELLINI, J.M. (2009b) Conservación de la diversidad de insectos en bosques subantárticos mediante el uso de técnicas de manejo forestal con retención variable. En: *Enfoques y temáticas en entomología* (Arrivillaga, J.C.; El Souki, M. y Herrera, B. Eds.). Ediciones Astro Data, Caracas, Venezuela. Pp 44-62.
  - LENCINAS, M.V.; MARTÍNEZ PASTUR, G.; CELLINI, J.M. GALLO, E.; BUSSO, C. (2010) Diversidad de lepidópteros en bosques aprovechados: Variación en el corto plazo por aplicación de retención variable. *Revista Investigaciones Científicas de la UNERMB* 1(1): 87-101.
  - LENCINAS, M.V.; MARTÍNEZ PASTUR, G.; GALLO, E.; CELLINI, J.M. (2011) Alternative silvicultural practices with variable retention to improve understory plant diversity conservation in southern Patagonian forests. *For. Ecol. Manage.* 262: 1236-1250.
  - LINDENMAYER, D.; FRANKLIN, J.F.; LÖHMUS, A.; BAKER, S.; BAUHUS, J.; BEESE, W.; BRODIE, A.; KIEHL, B.; KOUKI, J.; MARTÍNEZ PASTUR, G.; MESSIER, CH.; NEYLAND, M.; PALIK, B.; SVERDRUP-THYGESON, A.; VOLNEY, J.; WAYNE, A.; GUSTAFSSON, L. (2012) A major shift to the retention approach for forestry can help resolve some global forest sustainability issues. *Conservation Letters*. doi: 10.1111/j.1755-263X.2012.00257.x.
  - LUQUE, S.; MARTÍNEZ PASTUR, G.; ECHEVERRÍA, C.; PACHA, M.J. (2010) Overview of biodiversity loss in South America: A landscape perspective for sustainable forest management and conservation in temperate forests. En: *Landscape ecology and forest management: Challenges and solutions in a changing globe* (Li, C.; Laforteza, R. y Chen, J., Eds.). HEP-Springer, Amsterdam, Holanda. Pp 352-379.
  - MARTÍNEZ PASTUR, G.; PERI, P.; FERNÁNDEZ, C.; STAFFIERI, G. (1999a) Desarrollo de la regeneración a lo largo del ciclo del manejo forestal de un bosque de *Nothofagus pumilio*: 1. Incidencia de la cobertura y el aprovechamiento o cosecha. *Bosque* 20(2): 39-46.
  - MARTÍNEZ PASTUR, G.; PERI, P.; FERNÁNDEZ, C.; STAFFIERI, G.; RODRÍGUEZ, D. (1999b) Desarrollo de la regeneración a lo largo del ciclo del manejo forestal de un bosque de *Nothofagus pumilio*: 2. Incidencia del ramoneo de *Lama guanicoe*. *Bosque* 20(2): 47-53.

- MARTÍNEZ PASTUR, G.; CELLINI, J.M.; PERI, P.; VUKASOVIC, R.; FERNÁNDEZ, C. (2000) Timber production of *Nothofagus pumilio* forests by a shelterwood system in Tierra del Fuego (Argentina). For. Ecol. Manage. 134: 153-162.
- MARTÍNEZ PASTUR, G.; PERI, P.; FERNÁNDEZ, C.; STAFFIERI, G.; LENCINAS, M.V. (2002) Changes in understory species diversity during the *Nothofagus pumilio* forest management cycle. For. Res. 7(3): 165-174.
- MARTÍNEZ PASTUR, G.; LENCINAS, M.V. (2005) El manejo forestal en los bosques de *Nothofagus pumilio* en Tierra del Fuego. IDIA-XXI 5(8): 107-110.
- MARTÍNEZ PASTUR, G.; PERI, P.; VUKASOVIC, R.; CELLINI, J.M.; LENCINAS, M.V.; GALLO, E. (2005) Sistemas de regeneración con retención agregada en bosques de *Nothofagus pumilio*: Una alternativa que combina parámetros económicos y ecológicos. En: Dinámicas mundiales, integración regional y patrimonio en espacios periféricos (Zárate, R. y Artesi, L., Eds.) Universidad Nacional de la Patagonia Austral, Río Gallegos, Argentina. Pp 260-271.
- MARTÍNEZ PASTUR, G.; LENCINAS, M.V.; PERI, P.; MORETTO, A.; CELLINI, J.M.; MORMENEO, I.; VUKASOVIC, R. (2007) Harvesting adaptation to biodiversity conservation in sawmill industry: Technology innovation and monitoring program. Tech. Manage. Innov. 2(3): 58-70.
- MARTÍNEZ PASTUR, G.; LENCINAS, M.V.; PERI, P.; CELLINI, J.M. (2008) Flowering and seeding patterns in unmanaged and managed *Nothofagus pumilio* forests with a silvicultural variable retention system. Forstarchiv 79: 60-65.
- MARTÍNEZ PASTUR, G.; LENCINAS, M.V.; PERI, P.; CELLINI, J.M.; MORETTO, A. (2010a) Long-term forest management research in South Patagonia - Argentina: Lessons from the past, challenges from the present. Rev. Chil. Hist. Nat. 83: 159-169.
- MARTÍNEZ PASTUR, G.; SOLER ESTEBAN, R.; LENCINAS, M.V.; BORRELLI, L. (2010b) Indirect estimation of landscape uses by *Lama guanicoe* and domestic herbivorous through the study of diet composition in South Patagonia. En: Forest landscapes and global change: New frontiers in management, conservation and restoration (Azevedo, J.C.; Feliciano, M.; Castro, J. y Pinto, M.A., Eds.). Instituto Politécnico de Bragança, Bragança, Portugal. Pp 153-158.
- MARTÍNEZ PASTUR, G.; CELLINI, J.M.; LENCINAS, M.V.; BARRERA, M.; PERI, P. (2011a) Environmental variables influencing regeneration of *Nothofagus pumilio* in a system with combined aggregated and dispersed retention. For. Ecol. Manage. 261: 178-186.
- MARTÍNEZ PASTUR, G.; PERI, P.; CELLINI, J.M.; LENCINAS, M.V.; BARRERA, M.; IVANCICH, H. (2011b) Canopy structure analysis for estimating forest regeneration dynamics and growth in *Nothofagus pumilio* forests. Ann. For. Sci. 68: 587-594.
- ORQUERA, L.; PIANA, E.; FIORE, D.; ZANGRANDO, A. (2012) Diez mil años de fuegos, arqueología y etnografía del fin del mundo. Ed. Dunken, Buenos Aires, Argentina. 120 pp.
- SIMANONOK, M.; ANDERSON, CH.; MARTÍNEZ PASTUR, G.; LENCINAS, M.V.; KENNEDY, J. (2011) A comparison of impacts from silviculture practices and North American beaver invasion on stream benthic macroinvertebrate community structure and function in *Nothofagus* forests of Tierra del Fuego. For. Ecol. Manage. 262(2): 263-269.
- SOLER ESTEBAN, R.; MARTÍNEZ PASTUR, G.; LENCINAS, M.V.; BORRELLI, L. (2012) Forage differential use between native and domestic herbivores in southern Patagonian *Nothofagus* forests. Agroforest. Syst. 85(3): 397-409.
- SPAGARINO, C.; MARTÍNEZ PASTUR, G.; PERI, P. (2001) Changes in *Nothofagus pumilio* forest biodiversity during the forest management cycle: Insects. Biodiv. Conserv. 10(12): 2077-2092.
- VERGARA, P.M.; SCHLATTER, R.P. (2006) Aggregate retention in two Tierra del Fuego *Nothofagus* forests: Short-term effects on bird abundance. For. Ecol. Manage. 225: 213-114.

# GESTIÓN FORESTAL PRÓXIMA A LA NATURALEZA

Manuel Toral I.<sup>1</sup>, Luis Alberto González R.<sup>2</sup>, Roberto Garfías S.<sup>3</sup>

<sup>1</sup> y <sup>2</sup> Dres. Ing. For., Departamento de Gestión Forestal y su Medioambiente, Facultad de Ciencias Forestales y de la Conservación de la Naturaleza, Universidad de Chile. mtoral@uchile.cl,

<sup>3</sup> Ing. For. Universidad de Chile

## INTRODUCCIÓN

La Gestión Forestal Próxima a la Naturaleza (GFPN) pretende compatibilizar dos visiones duales sobre la gestión de los bosques nativos en Chile. La primera, es compatibilizar las visiones de los diferentes actores socioeconómicos que existen, tanto en Chile como a nivel mundial, con respecto al bosque nativo, su ordenación y uso. Por un lado existen corrientes de opinión, que demandan una mayor protección del recurso forestal nativo; solicitan que los bosques se conserven para una mayor producción de agua e infiltración, se mantenga la biodiversidad, medio ambiente, fuentes de recreación y turismo. La otra visión, expresada en términos simples, es la que demanda del bosque la producción de madera, agua y talaje para fines distintos a la obtención de madera, visión que comparten mayoritariamente los propietarios de suelos-bosques y comunidades rurales, mientras que la primera domina en las comunidades urbanas. Asimismo, una GFPN está relacionada con los principios de gestión de PROSILVA, (Europa-Holanda), del informe Brundtland, Nuestro Futuro Común e informes sucesivos.

Dado lo anterior, una GFPN debe compatibilizar los criterios mencionados, además de ciertos requisitos tales como fácil elaboración, comprensibles para los usuarios, a costo razonable y con base a los siguientes principios de gestión:

- Al cosechar un bosque, nunca debe quedar el suelo desnudo en grandes extensiones. Sin embargo debe entrar suficiente luz al piso del bosque a objeto de asegurar la regeneración de especies intolerantes que no crecen bajo condiciones de sombra. Las especies que requieren de sombra para crecer se encuentran con un ambiente muy favorable para ellas.
- El bosque debe estar siempre en regeneración, protegida ésta por árboles de mayor edad, es decir de mayor tamaño.
- Los árboles se cortan cuando corresponda (extracción controlada, conociendo su crecimiento medio anual) y definiendo los productos a cosechar según mercado e interés de los propietarios.
- Se deben realizar labores al suelo que sean aconsejables para asegurar una regeneración de calidad y abundante.
- La regeneración y los árboles jóvenes deben ser conducidos practicando las cortas intermedias que correspondan, según situación de sitio (calidad de la estación) y estado de desarrollo.
- Cortar más a menudo y menos intenso, sin miedo a establecer pequeños claros; los árboles mayores que ayudan a la regeneración no se deben extraer porque son “de deficiente calidad”; sólo se eliminarán si no tienen una función clara.

- Los trabajos intensos en grandes superficies del bosque no se deben aplicar. Deben ser reemplazados por un trabajo más individual, de mejor calidad realizando al mismo tiempo todos los tratamientos necesarios. Se debe definir claramente cuál es la proporción de árboles delgados, medianos y gruesos que deben quedar en pie; extrayendo sólo el crecimiento corriente de ese capital, en lugar de descapitalizar rodales enteros para regenerarlos (plantación).

Lo anterior implica, desde el punto de vista social, personas capacitadas, viviendo próximo a los bosques, baja concentración de personas por superficie, con trabajo continuo, estable y permanente, sin desplazamiento de capital humano a grandes distancias para lograr un sustento digno. Desde el punto de vista ambiental, significa mantener la fertilidad del suelo, disminuir el escurrimiento de las aguas, favorecer la infiltración, evitar la erosión, mantener la diversidad de la flora y la fauna del bosque en cuestión, ya que prácticas de tala rasa del bosque implican, alterar el suelo y una mayor erosión; se favorece temperaturas extremas del suelo y podría darse una proliferación de especies intolerantes, como alteración al paisaje, presentando formas geométricas ajenas. Por lo tanto una GFPN proporciona un ecosistema más productivo, siendo éste amistoso con el medioambiente, adecuado desde el punto de vista tecnológico, viable desde el punto de vista económico y socialmente aceptable.

### **¿CÓMO DESARROLLAR Y ELABORAR UN MANEJO FORESTAL PRÓXIMO A LA NATURALEZA Y SUSTENTABLE, MFPN?**

Para desarrollar y elaborar un MFPN es necesario considerar: la legislación forestal referida al uso del suelo, la protección de la biodiversidad y el paisaje; el acrecentamiento de la productividad del recurso, con la protección de su estabilidad, y el mejoramiento del estado actual de los bosques del Tipo Forestal.

#### **• Legislación forestal y uso del suelo**

El primer paso sería cumplir con la legislación forestal vigente y al mismo tiempo conservar el suelo, ya

que es la base de nuestra producción. Para lo anterior, es necesario establecer algunas consideraciones generales consistentes en utilizar sólo suelos potencialmente productivos y rodales con potencial comercial, limitando las acciones de gestión forestal a este tipo de situaciones. Por lo tanto, se debe limitar el accionar a suelos con pendientes iguales o inferiores al 60%, con altitudes menores a 1.200 m.s.n.m., con una correcta tipificación de los rodales y que no estén bajo restricciones de la legislación, como por ejemplo bosques de preservación, especies vulnerables o raras, protección de cuencas hidrográficas, entre otros criterios a definir durante el desarrollo específico del proyecto.

Los bosques nativos que cumplan con las restricciones mencionadas u otras por desarrollar, pueden ser considerados potencialmente aprovechables. Estos bosques aprovechables deben subdividirse en rodales de características homogéneas, para constituir Cuarteles (González *et al.*, 2006) o unidades de bosque que se orientan a los mismos objetivos de producción y demandan tratamientos silvícolas semejantes para la producción de madera; sin descuidar las normas específicas técnicas y legales a objeto de proteger la biodiversidad (flora y fauna), paisaje y conservación del suelo.

#### **• Protección de la Biodiversidad y el Paisaje**

Una de las principales medidas para la protección de la biodiversidad y los paisajes consiste en mantener una cubierta de vegetación permanente de dosel arbóreo en todos sus estratos verticales, que actúe como protector del suelo y la regeneración, reservando una determinada proporción de árboles que no tienen un objetivo de producción económica, especies que momentáneamente no tienen valor de mercado actual (Hechenleitner *et al.*, 2005). El porcentaje de estos árboles protectores a dejar debe definirse según tipo forestal y situación específica de la calidad del sitio y deben corresponder a los árboles con menores diámetros (8-10 cm).

También, es conveniente dejar en pie, árboles en fase de desmoronamiento, como árboles perchas y otros, a objeto de que estos cumplan con su función protectora de la fauna (Young, 1991). Asimismo, es



necesario promover un mínimo de diversidad de la vegetación para mantener la estabilidad, la sanidad y al mismo tiempo evitar daños o golpes de sol (radiación UV). En consecuencia se debe mantener y/o aumentar la composición del bosque nativo que se presenta en la actualidad, evitando la tendencia de ir favoreciendo a una determinada especie por medio de cortas intermedias o turno del individuo. Por lo tanto se debe definir un valor máximo de área basal por hectárea y por especie.

• **Acrescentamiento de la productividad del recurso y Protección de la estabilidad del sistema boscoso**

Las principales herramientas y mecanismos que el gestor forestal cuenta para proteger, mantener, aumentar, mejorar, enriquecer un bosque existente y generar una producción sustentable y, con rendimiento sostenido, se circunscriben entre otros, a la posibilidad de intervenir en la composición del rodal, la estructura del rodal (coetánea o multietánea) y en la densidad del rodal, cuantificada ésta en número de árboles por hectárea y en área basal existente.

La densidad del rodal cuando es estimada a través del área basal  $G$  ( $m^2/ha$ ), permite cuantificar el nivel de ocupación del sitio, y ésta tiene estrecha relación con el número de árboles que existen por hectárea como su crecimiento individual.

Ambas variables determinan un cierto nivel de producción del sistema bosque. En consecuencia un aumento de área basal ( $G$ ) en la producción de un

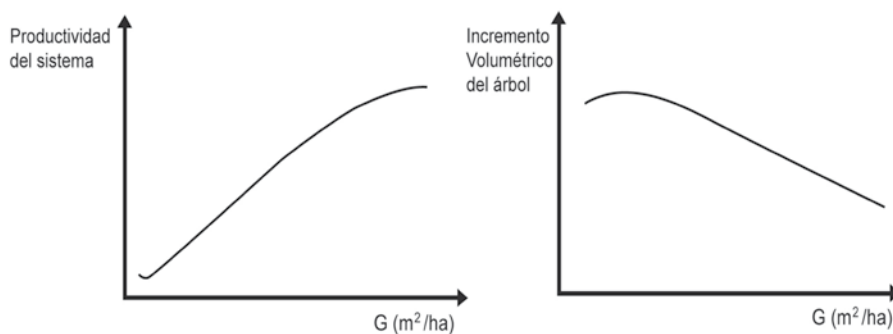
bosque, es antagónico con el efecto que se genera en el incremento volumétrico del árbol individual, tal como se ilustra en la Figura 1.

En consecuencia una GFPN deberá compatibilizar los dos aspectos, el mejor crecimiento de los árboles individuales, con la mejor producción y productividad del sistema forestal en su conjunto. A su vez, la producción y productividad de un rodal y de los cuarteles dependerá de la calidad de la estación o sitio, de la o las especies objetivos para la producción de productos madereros tradicionales, del DAP o edad de corta del árbol seleccionado, la densidad, estructura del rodal como su composición.

• **Desarrollo de algunas experiencias en los bosques de Tipo Forestal Roble- Raulí-Coihue (CONAF-GTZ, 1998).**

Este tipo forestal está constituido fundamentalmente por bosques de segundo crecimiento (renovales) formado por especies “agresivas”, de rápido crecimiento y con habilidad para competir. Además, de las especies mencionadas se encuentra Laurel y Lingue, como dominantes y en doseles inferiores Ulmo, Olivillo y Avellano, destacándose además varias mirtáceas, quila o coligue según altitud.

En este Tipo Forestal se han realizado varias experiencias, entre las principales se pueden citar:



**Figura 1:** Izquierda: A medida que aumenta el área basal por hectárea, la productividad del sistema aumenta hasta llegar a una asíntota y esta curva puede situarse con mayor o menor productividad según la calidad de estación o sitio forestal en el cual se está trabajando. Derecha: A medida que aumenta el área basal/hectárea el incremento volumétrico del árbol cae por efecto de la alta competencia (densidad) entre los árboles.

- Raleos en renovales de Roble-Raulí en la Cordillera de Nahuelbuta. La experiencia se realizó cuando los rodales tenían 30 y 35 años. Este rodal presentaba escasa participación de Raulí con sotobosque de Lomatia, Aristotelia, Berberis y Chusquea. Como resultados de este estudio se obtuvo; menor mortalidad de árboles, un aumento en los diámetros y mayor incremento en área basal. De acuerdo a esa experiencia parece necesario aplicar un pre-raleo entre los 10 a 15 años, dejando en pie 2.200-2.400 árb/ha y a partir de los 20 años raleos sistemáticos, extrayendo entre 30-35% del área basa a intervalos de 10-12 años (Rocuant, 1969-1974).
- Establecimiento de Regeneración Natural de Raulí y Coihue. Estudio realizado en situaciones con no intervención del bosque hasta situaciones intensamente cosechadas. En todas las situaciones existió regeneración de las dos especies y ésta se produce por semillas. Cuando hay más luz, el Coihue domina al Raulí. Ambas especies necesitan de luz para regenerar (Rosenfeld, 1972).
- Evaluación Plantaciones de Raulí. Se evaluó el desarrollo y crecimiento de plantaciones de Raulí a los 25 y 34 años de edad encontrándose que es aconsejable aumentar la densidad de plantación (se inició con 834 árb/ha), ya que Raulí presenta daños por insolación, además a mayor densidad la forma del fuste puede mejorarse. Tiene un crecimiento similar a Pino radiata en sitio III.
- Raleos en renovales de Roble-Raulí. Ensayos en los Fundos Jauja- Casa Viejas y Pirihueico. Objetivo: Evaluar el efecto de Raleos de densidad variable en renovales de Roble- Raulí. Variables evaluadas: Crecimiento en diámetro, área basal, altura y volumen. Calidad de los árboles y de la madera. Conclusiones generales: la regeneración natural aumento notablemente en aquellas parcelas intervenidas con mayor intensidad, la regeneración es especialmente por rebrote de tocón. La mortalidad de árboles

es notoria en densidades superiores a los 1.000 árb/ha. Es decir parcelas testigos y 40 m<sup>2</sup>/ha de área basal.

- Por otro lado, De la Maza y Gilchrist (1980) estudiaron el crecimiento natural de Raulí y establecen propuestas silvícolas. Paredes (1982) realiza proyecciones de crecimiento según diferentes tipos y criterios de raleo. Grosse (1988) determina el crecimiento de una plantación de Raulí y Roble bajo dosel en dependencia del grado de luminosidad y fertilización, proponiendo que la repoblación forestal es la opción más realista y eficiente para lograr la regeneración del bosque nativo. El mismo autor en el año 1989, realiza un manejo silvicultural en renovales de Roble-Raulí-Coihue; concluye que en esos sitios Raulí supera en crecimiento a Robles y Coihues y la madera es apta para el mercado internacional de latifoliadas. Espinoza (1990) realiza una propuesta silvicultural en rodales no manejados, estableciendo 4 grupos operacionales de bosque y cada uno de ellos entrega una opción de manejo específica consistente en plantaciones o cortas de mejoramiento relacionadas todas ellas con la extracción de una determina área basal.
- Así también, existen experiencias realizadas por Castillo (1992), sobre caracterización y propuestas silviculturales para renovales de Roble. Donoso *et al* (1993) trabajan en la determinación de crecimiento de plantaciones y renovales en el área andina de Cautín y Valdivia. Pincheira (1993), en evaluaciones de raleo en un Renoval de Raulí. Garfias (1994) en la determinación de crecimiento y biomasa en un renoval raleado de Raulí. INFOR/FORVESA (1994) evalúa los efectos del raleo y anillado sobre el desarrollo de un renoval de Raulí.

Todos los estudios citados, muy válidos por cierto, son trabajos puntuales, en los cuales en su mayoría analizan respuestas del bosque a raleos u otros tipos de intervención, proponiendo medidas silviculturales

específicas para el rodal y sitio en cuestión, pero no dan una orientación clara para establecer pautas normativas para desarrollar y confeccionar un plan de manejo de fácil uso y aplicación por parte de los propietarios de estos bosques.

Por otro lado, Merino *et al* (2009)<sup>1</sup> desarrollaron estudios de crecimiento en este tipo forestal, definiendo áreas basales óptimas, ciclos de corta, cupos de corta, entre otros conceptos según áreas basales encontradas en cada situación, lo que permite tener las bases para establecer y desarrollar un manejo que conduzca a la sustentabilidad del recurso y a la biodiversidad, aproximando su planteamiento a un manejo de bosques multietáneo, multiespecífico con cubierta permanente, como la condición ideal de manejo sustentable para este tipo forestal.

### **¿CUÁLES SON LAS VARIABLES DEL BOSQUE-RODAL QUE DEBEN SER PRECISADAS PARA ELABORAR UN MANEJO FORESTAL PRÓXIMO A LA NATURALEZA (MFPN)?**

En conocimiento de las investigaciones parciales realizadas en este tipo forestal y considerando la legislación forestal vigente, respecto al uso del suelo, la protección de la biodiversidad y el paisaje; teniendo presente la necesidad de incrementar la productividad y la estabilidad del recurso, y ante la necesidad de generar flujos continuos de productos madereros, sobre todo en la pequeña y mediana propiedad, con menores costos de producción, mejores condiciones de empleo y estabilidad laboral, se propone elaborar un MFPN bajo una estructura de bosque multietáneo, multiespecífico y con cubierta permanente como condición básica y rectora, considerando una serie de variables propias de la situación del rodal, las cuales algunas pueden ser modificadas y otras deberán permanecer inalterables a fin de cumplir con los principios enunciados de un MFPN.

Como variables propias del rodal y que no deberían modificarse mediante el MFPN se tienen:

- El Sitio o Estación Forestal.
- La composición del bosque (árboles madereros) sobre la cual sólo se podrán hacer pequeños ajustes.
- La composición multiespecífica del rodal, composición tal que no debe modificarse a fin de asegurar la biodiversidad.
- Por otra parte, aquellos bosques o rodales mono-específicos o con estructura regular, productos de acciones antrópicas deben ser conducidos paulatinamente a estructuras multietáneas y multiespecíficas.

Como variables del rodal y parámetros silvícolas que orientaran el manejo y ordenación del rodal se encuentran las siguientes:

- Especie Objetivo (especie demandada económicamente y que define los parámetros de manejo a utilizar)
- Nivel de ocupación de sitio por el Rodal, medido en área basal G (m<sup>2</sup>/ha)
- Densidad del rodal, medida en número de árboles por hectárea (árb./ha)
- DAP Objetivo. DAP de cosecha; tamaño esperado de los árboles de la especie objetivo, el cual dependerá del mercado y de los intereses del propietario
- Productividad media anual en área basal del bosque: Definida como incremento medio anual en área basal en función del área basal total, y número de árboles por hectárea.
- Productividad media anual del árbol de la especie objetivo: Definida como incremento medio anual del área basal en función del área basal total y el DAP como indicador del tamaño del individuo.
- Densidad óptima (G óptimo). Definida como el Valor de G poblacional donde se obtiene el mayor crecimiento del árbol individual con el mínimo detrimento del sistema forestal que lo sustenta. Este valor debe ser determinado para cada Sitio y Tipo de bosque específico.

<sup>1</sup> Merino, R. Ingeniero Forestal. Universidad de Chile. Comunicación personal.

- Distribución Diamétrica (Tabla de Rodal): La distribución diamétrica ideal es aquella que cumple con la Ley de D'Liocourt, a objeto de obtener un bosque multietáneo.
- Cupo de Corta (CC) (m<sup>2</sup>/ha/año), entre otras variables y procesos a desarrollar.

En resumen, parte de estas variables pueden ser fácilmente medidas en el bosque y otras obtenidas a partir de las variables básicas (DAP, densidad y crecimiento de los últimos cinco años), que mediante un sistema computacional permite procesar la información rápidamente y en forma amigable con el usuario, definiendo exactamente las prescripciones de MFPN.

## BIBLIOGRAFÍA

- CASTILLO, F. (1992) Caracteriza, estudio dendrológico y proposición de intervenciones silvícolas para renovales de Roble (*Nothofagus obliqua*) Cordillera de la Costa IX Región Tesis Ing. Forestal. Universidad Austral de Chile. Facultad de Ciencias Forestales. Valdivia. 70 p.
- CONAF-GTZ (Corporación Nacional Forestal-Sociedad Alemana de Cooperación Técnica) (1998) Experiencia Silvicultural del Bosque Nativo de Chile. Proyecto Manejo Sustentable del Bosque Nativo. CONAF-GTZ. Santiago, Chile. 420 p.
- DE LA MAZA, C.L. Y GILCHRIST, J. (1980) Algunos antecedentes para el manejo de renovales de Raulí. Boletín Técnico 61. Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Forestales. Santiago. Chile. 30 p.
- DONOSO, P.; MONFIL, T.; OTERO, L. Y BARRALES, L. (1993) Estudio de crecimiento de plantaciones y renovales de especies nativas en el área andina de las Provincias de Cautín y Valdivia. Ciencia e Investigación Forestal. Volumen 7, Número 2.
- ESPINOSA, M. (1990) Rodalización y determinación de opciones de manejo silvícola para los renovales no manejados de Jauja y Santa Luisa. Chillán. Chile. Universidad de Concepción. Escuela de Ciencias Forestales. 81 p.
- GONZÁLEZ, J.; PIQUÉ, M. Y VERICAT, P. 2006 Manual de Ordenación por Rodales: Gestión multifuncional de los espacios forestales. Centro Tecnológico Forestal de Cataluña. 205 p.
- GROSSE, H. (1988) Crecimiento de una plantación de Raulí y Roble bajo dosel en dependencia del grado de luminosidad y Fertilización. Ciencia e Investigación Forestal 2(5): 13-30.
- HECHENLEITNER, P.; GARDNER, M.; THOMAS, P.; ECHEVERRÍA, C.; ESCOBAR, B.; BROWNLESS, P. Y MARTÍNEZ, C. (2005) Plantas Amenazadas del Centro – Sur de Chile: Distribución, Conservación y Propagación. Primera Edición. Universidad Austral de Chile y Real Jardín Botánico de Edimburgo. 187 p.
- INFOR/FORVESA (Instituto Forestal/ Forestal Rio Vergara) (1994) Ensayo de Raleo y anillado en el sector Los Nirres (Jauja). Documento interno. 20 p.
- PAREDES, M. (1982) Proyecciones de Raleos en Renovales de Raulí (*Nothofagus alpina*) según diversos criterios de intervención. Tesis. Ing. Forestal. Universidad Austral de Chile. Facultad de Ciencias Forestales. Valdivia. 109 p.
- PINCHEIRA, M. (1993) Evaluación de raleos aplicados a un renoval de Raulí (*Nothofagus alpina* Poepp. Et Endl.) y Roble (*Nothofagus obliqua* (Mirb) Oerst), ubicados en el fundo Juaja. Provincia de Malleco. IX Región Tesis Ing. Forestal. Universidad Austral de Chile. Facultad de Ciencias Forestales. 68p.
- ROCUANT, L. (1969) Raleos en renovales de Roble y Raulí en la Cordillera de Nahuelbuta. Chillán- Chile. Universidad de Concepción. Escuela de Agronomía. 8 p.
- ROCUANT, L. (1974) Raleos en renovales de Roble-Raulí. En: Situación actual y posibilidades futuras del manejo de los renovales en Chile. Actas primer seminario. Corporación Nacional Forestal. 56 p.
- ROSENFELD, J. (1972). Desarrollo de la regeneración de Raulí y Coihue bajo diferentes grados de luminosidad. Tesis Ing. Forestal. Universidad Austral de Chile. Facultad de Ciencias Forestales. Valdivia. 62 p.
- YOUNG; R. (1991) Introducción a las Ciencias Forestales. México. Limusina. 632 p.

# USO DE ÍNDICES EVOLUTIVOS PARA LA EVALUACIÓN DE TAXA Y ECOSISTEMAS: CONTRIBUCIONES DE LA FILOGENÉTICA A LA CONSERVACIÓN

Rosa Scherson V.<sup>(1)</sup>

(1) Dra. Ingeniero Agrónomo. Departamento de Silvicultura y Conservación de la Naturaleza, Facultad de Ciencias Forestales y de la Conservación de la Naturaleza, Universidad de Chile. [rscherson@uchile.cl](mailto:rscherson@uchile.cl)

## EL VALOR EVOLUTIVO DE TAXA Y ECOSISTEMAS

En el contexto actual de presión antrópica y cambios globales, se hace prioritaria la protección de los ambientes naturales que garanticen la sustentabilidad de la diversidad biológica que ellos albergan (Purvis *et al.*, 2005). Sin embargo, las limitantes de recursos, especialmente en países subdesarrollados o en vías de desarrollo, obligan a establecer sistemas de prioridades para enfrentar el dilema de qué conservar. Esto ha sido conocido como “la agonía de la elección” (Vane-Wright *et al.*, 1991) o “el problema de la distribución de recursos” (Wilson *et al.*, 2006). Los hotspots de biodiversidad han respondido de cierta manera a este dilema, definiendo áreas del planeta que por su número de especies y ubicación en zonas de alto impacto antrópico, deben ser objetos prioritarios de conservación (Myers *et al.*, 2000).

Dado que se acepta actualmente que la riqueza de especies por sí misma no es suficiente como índice de prioridad de conservación, se han desarrollado diversas maneras de medir el valor de un ecosistema (De Groot *et al.*, 2002). En este contexto, las aproximaciones con una visión más integral se han centrado en aspectos como las funciones ecosistémicas, sus bienes y servicios (De Groot *et al.*, 2002;

Martínez-Harms y Gajardo, 2008), y recientemente la biocomplejidad, que incorpora la interacción de los sistemas y actividades humanas presentes y pasadas en las estrategias de conservación (Callicott *et al.*, 2007). Las aproximaciones de multi-criterio consideran a la riqueza de especies como *uno* de los componentes que sirve para evaluar un ecosistema, pero no el único (Martínez-Harms y Gajardo, 2008; Valenzuela, 2007).

Aunque estas evaluaciones compuestas son tremendamente útiles y necesarias para complementar el conocimiento de los ecosistemas, existen limitaciones en su uso. Una de las dificultades es la *cuantificación* del valor de un ecosistema y la cantidad de información requerida para estas determinaciones. Otro problema es la falta de una escala comparable o marco cuantitativo con el cual evaluar las apreciaciones. Dado que muchas de estas evaluaciones son cualitativas, los resultados y decisiones que se tomen a partir de ellas, dependen de la(s) persona(s) que las realicen, y por tanto áreas comparables en otras partes del planeta pueden evaluarse de diferente manera.

Por otro lado, actualmente se acepta que los patrones de distribución de las especies y sus procesos e interacciones no pueden desligarse de la historia evolutiva que los subyace. Se han identificado entonces una serie de índices que consideran la historia evolutiva

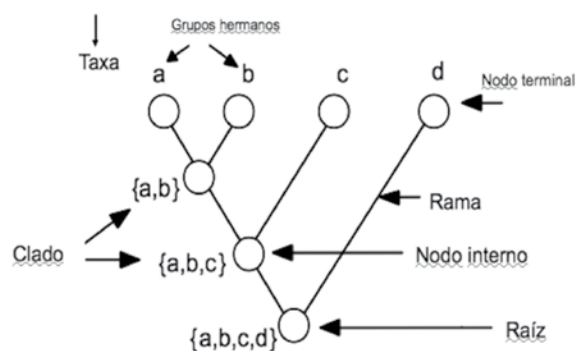
como una manera más significativa de evaluar taxa y ecosistemas con fines de conservación (Faith, 1992; Faith y Baker, 2006; Forest *et al.*, 2007; Pio *et al.*, 2011). Esto responde en cierta medida a la definición de Biodiversidad, acuñada por el Convenio Internacional sobre Diversidad Biológica, que contempla no sólo a la variedad de organismos sobre la Tierra, sino que también incluye a los patrones naturales que la conforman, “resultado de miles de millones de años de evolución”. En el mismo marco, esta definición hace referencia a la variedad de ecosistemas y a las diferencias genéticas entre especies (CBD, 1992). El considerar los procesos evolutivos en la evaluación de taxa permite reconocer que no todos ellos son iguales, y que dada la limitante de recursos, los esfuerzos de conservación deberían enfocarse en aquellos taxa que contengan la mayor cantidad de historia evolutiva (Collen *et al.*, 2011). Bajo el mismo criterio, se priorizan para conservación aquellas áreas que en su conjunto alberguen la mayor cantidad posible de historia evolutiva (Faith, 1992; Forest *et al.*, 2007).

Una de las principales complicaciones que enfrenta la conservación en los tiempos actuales es la incertidumbre acerca de las condiciones especialmente climáticas que enfrentarán los objetos de conservación en el mediano y largo plazo. Los cambios globales se han intensificado en los últimos tiempos con respecto a los registros históricos, y se plantean diversos escenarios posibles de cambio que definen los ambientes potenciales en los cuales deberán desarrollarse las especies y sus ecosistemas (Midgley *et al.*, 2002). En este sentido, surge la necesidad de evaluar taxa y ecosistemas de acuerdo a los atributos que les permitirán enfrentar los cambios futuros, los que tienen directa relación con la diversidad que esos taxa y ecosistemas han acumulado en el tiempo evolutivo (Faith y Baker, 2006; Fisher y Owens, 2004; Forest *et al.*, 2007; Pio *et al.*, 2011; Sechrest *et al.*, 2002; Vane-Wright *et al.*, 1991).

## ÍNDICES EVOLUTIVOS PARA LA CONSERVACIÓN

Las mediciones del valor de taxa y ecosistemas incorporando su herencia evolutiva han sido estudiadas

y utilizadas por varias décadas. Sin embargo, aún no existe una manera uniforme de cuantificación (Helmus *et al.*, 2007; Schweiger *et al.*, 2008). Existen una serie de índices evolutivos en uso y su elección depende del grupo de taxa focal, del tipo de información evolutiva disponible y de la escala del estudio (Schweiger *et al.*, 2008). Todos estos índices requieren de una filogenia base, es decir, una representación gráfica de las relaciones evolutivas entre taxa (especies, géneros o cualquier unidad taxonómica de comparación) (Figura 1). Existen diversos métodos para obtener una filogenia, lo que a su vez determina si se han calculado valores para el largo de las ramas de ésta, siendo este largo proporcional a la cantidad de evolución que han experimentado los diversos taxa. Así, un taxon que está sostenido por una rama larga, ha evolucionado a una tasa mayor -cambios en su ADN por unidad de tiempo- que otros taxa ubicados en ramas más cortas.

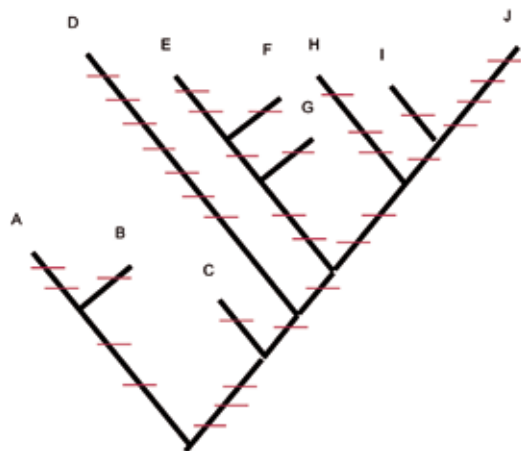


**Figura 1. Representación de una filogenia.** Los taxa o nodos terminales representan especies, géneros o cualquier unidad de comparación. Las relaciones entre los taxa se determinan en base a su ancestría común. Por ejemplo, los taxa a y b son grupos hermanos ya que están ubicados a ambos lados de un evento de especiación (nodo interno) y comparten un ancestro común más reciente que con cualquier otro miembro del árbol.

El índice evolutivo más comúnmente utilizado es la Diversidad Filogenética (PD-Phylogenetic Diversity) (Faith, 1992). Básicamente, la PD mide la acumulación de atributos o adaptaciones en un taxon o grupo de taxa en el tiempo, y entrega una idea cuantitativa de la cantidad de evolución contenida en un taxon o en una comunidad. La pregunta que se propone contestar este índice es cuánta evolución – es decir qué porcentaje

del árbol de la vida – se perdería si ese taxon, grupo de taxa o área no fuera conservada (Faith, 1992; Purvis *et al.*, 2000). Este índice es particularmente significativo ya que considera la evolución acumulada de un grupo de taxa y por lo tanto, da una idea de su potencial evolutivo (Forest *et al.*, 2007; Potter, 2008) (Figura 2). También, se ha demostrado que la PD de una comunidad está relacionada positivamente con su productividad primaria (Cadotte *et al.*, 2009), siendo este índice un buen indicador del estado de un ecosistema.

Zona	Taxa	DF
1	ABC	9
2	EFG	7
3	ADEJ	29
4	EF GD	16

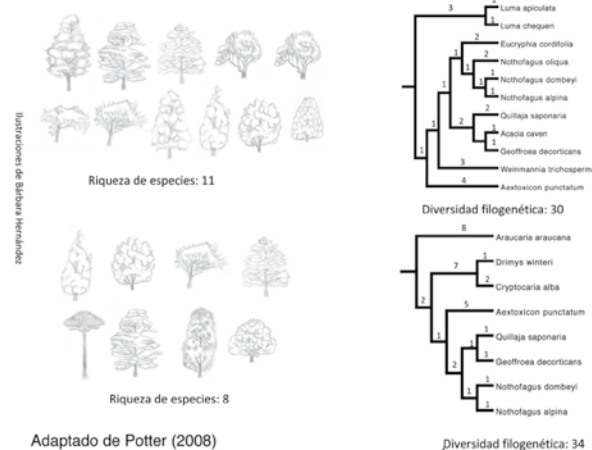


**Figura 2. A. Ejemplo teórico para ilustrar el cálculo de Diversidad Filogenética (PD).** El árbol filogenético representa la hipotética relación entre las especies A, B, C, D, E, F, G, H, I y J.

Los largos de ramas del árbol indican la cantidad de evolución de cada clado o taxon, y se ilustran con las barras rojas que representan caracteres únicos de cada uno de ellos. La tabla muestra una distribución hipotética de las distintas especies en cuatro zonas, 1, 2, 3 y 4. Para calcular la PD por zona, se suman los caracteres únicos (o largo de ramas) de todos los taxa presentes en una zona. La figura muestra cómo, dependiendo de la cantidad de evolución que contienen los distintos grupos, una zona puede tener el mismo número de especies, por ejemplo la zona 3 y 4 que tienen cuatro especies cada una, sin embargo pueden presentar valores de PD muy diferentes, dependiendo de la cantidad de evolución contenida en cada área. En términos de conservación, en este ejemplo el área 3 debería tener prioridad sobre el área 4 por la mayor cantidad de evolución que ésta contiene.

Una de las discusiones más recurrentes con respecto al índice de PD es si éste se puede predecir con el número de taxa, es decir, si está positivamente relacionado con la riqueza. Si este fuera el caso, entonces su uso tendría poca justificación, ya que bastaría con tener un conteo de especies para saber si una zona tiene mayor o menor diversidad evolutiva. Actualmente sin embargo, se ha ido haciendo cada vez más evidente que una medición no predice a la otra, dados los múltiples procesos que afectan la especiación, extinción y radiación de taxa en un área (Forest *et al.*, 2007; McGoogan *et al.*, 2007; Pio *et al.*, 2011; Rodrigues y Gaston, 2002; Scherson *et al.*, 2012; Torres y Diniz-Filho, 2004).

Otro índice de mucha utilidad es la Estructura Filogenética (**PS- Phylogenetic Structure**), que mide cuán dispersa o aglomerada es una comunidad de taxa con respecto al árbol de la vida (representado por una filogenia mayor que contiene los taxa de interés), que lo esperado por azar (Webb, 2000) (Figura 3).



**Figura 3. Comparación entre las mediciones de riqueza de especies y diversidad filogenética (PD).** La riqueza es el número de especies presentes en una comunidad, mientras que la diversidad filogenética representa la suma de la cantidad de evolución (en millones de años o largo de ramas) de las especies de la comunidad, medida en la filogenia que las contiene. En el ejemplo, la comunidad A tiene una mayor riqueza de especies que la comunidad B, sin embargo la comunidad B tiene una mayor diversidad filogenética, evidenciada por la mayor suma del largo de sus ramas. Esto se debe a que las especies de la comunidad B están más distantes evolutivamente. Los largos de ramas así como las relaciones evolutivas y la presencia de determinadas especies en una comunidad son ficticias, sólo con fines de ilustrar el punto. (Adaptado de Potter, 2008)

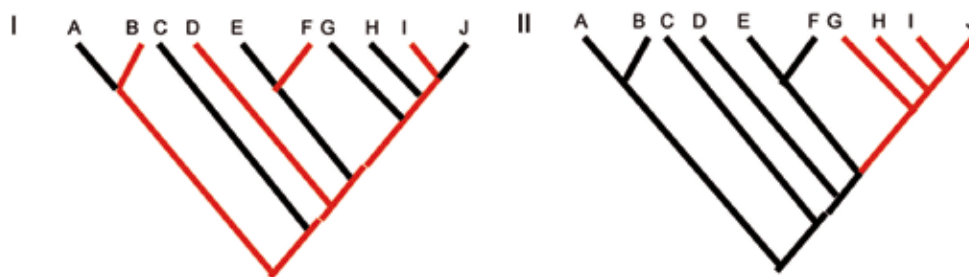
Esto se calcula comparando la distribución de las especies en la filogenia de referencia con una serie de modelos nulos y entrega una idea de la *resiliencia* de una comunidad al enfrentar una situación de stress como por ejemplo un cambio climático o un ataque por plagas (Potter, 2008). Una comunidad con una estructura mayor que lo esperado por azar, indicando dispersión en el árbol de la vida, tendrá una diversidad evolutiva mayor y podría por tanto tener un mayor potencial de recuperación frente a stress, o una mayor capacidad de adaptación (Potter, 2008).

Cada vez se acepta más que la pérdida de ciertas especies no necesariamente representa pérdidas proporcionales de historia evolutiva, y que los patrones de extinción no se dan al azar sino que están más bien aglomerados dentro del árbol de la vida (Bennett y Owens, 1997; Purvis *et al.*, 2000; Vamossi y Wilson, 2008). Esto ha hecho necesario el desarrollo de técnicas que permitan identificar cuán *único* es un taxon determinado. El índice de Singularidad Evolutiva (**ED – Evolutionary Distinctness**) mide la cantidad de evolución que le es única a un taxon dentro de una filogenia. ED para un taxon será mayor mientras más largas sean las ramas que lo sostienen, y mientras menos taxa desciendan de estas ramas (Isaac *et al.*, 2007) (Figura 4).

Los cálculos de ED se han integrado con información acerca del estado de conservación de los taxa, generalmente obtenido de las listas rojas de la UICN. Esta integración ha dado como resultado los índices EDGE (Evolutionary Distinct Globally Endangered) y

HEDGE (Heightened Evolutionary Distinct Globally Endangered), que combinan el cálculo de singularidad evolutiva con la probabilidad de extinción, la que se estima numéricamente usando la categoría UICN (Collen *et al.*, 2011; Faith, 2008; Isaac *et al.*, 2007; Mooers *et al.*, 2008; Steel *et al.*, 2007). El índice EDGE está siendo usado como una herramienta para tomar decisiones con respecto a los esfuerzos de conservación ([www.edgeofexistence.org](http://www.edgeofexistence.org)). Ha sido calculado para un gran número de taxa incluyendo anfibios, mamíferos y aves. Para las plantas ha sido más difícil ya que los registros de UICN son más incompletos, sin embargo se están llevando a cabo esfuerzos por calcular EDGE para plantas utilizando listas rojas propias de cada país.

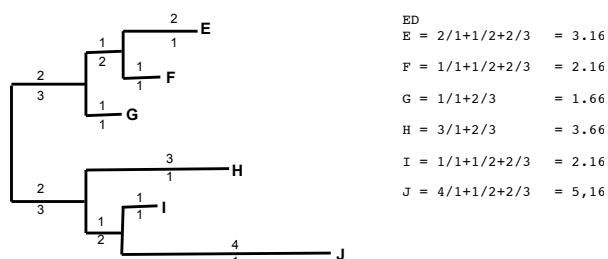
El aumento exponencial de la información de carácter molecular, y las bases de datos de biodiversidad, están haciendo cada vez más posible que estas técnicas se utilicen de manera práctica y a costos muy bajos. La literatura reciente, ha visto un aumento notable de trabajos que utilizan información de las bases de datos de acceso libre y criterios evolutivos para evaluar taxa y ecosistemas, e incluso predecir el comportamiento de estos índices en escenarios de cambio global (Kuntner *et al.*, 2010; Pio *et al.*, 2011; Thuillier *et al.*, 2011). Todos estos estudios contribuyen a una manera más integral de considerar la biodiversidad, sin embargo, muchas de estas evaluaciones, por su carácter global, dependen de la información contenida en las bases de datos de biodiversidad, las que a su vez dependen fundamentalmente del conocimiento biológico y taxonómico de los expertos en los distintos



**Figura 4. Ejemplo teórico para ilustrar el concepto de Estructura Filogenética. Los árboles filogenéticos I y II son idénticos y representan la hipotética relación entre las especies A, B, C, D, E, F, G, H, I y J. Estas especies constituyen el árbol de referencia de todas las especies que pudieran estar presentes en una comunidad dada. I y II representan los dos tipos de estructura filogenética de comunidades, con cuatro especies cada una, representadas en rojo: comunidad dispersa (I) y aglomerada (II). Ante un escenario de cambio, la comunidad I tendría una mayor probabilidad de resiliencia dado que presenta una mayor diversidad evolutiva que la comunidad II (adaptado de Potter 2008).**



grupos. Es decir, la información primaria, generada por la exploración y la historia natural es vital para la veracidad y utilidad final de cualquiera de estos análisis. Curiosamente, en nuestro país, las bases de datos especialmente florísticas son muy incompletas, y el conocimiento taxonómico es todavía muy limitado. Las técnicas de evaluación de taxa y ecosistemas que consideran la historia evolutiva seguirán avanzando y serán mucho más útiles mientras más naturalistas aporten al conocimiento básico de nuestra biodiversidad.



**Figura 5. Ejemplo teórico para ilustrar el cálculo de Singularidad Evolutiva (ED). El árbol filogenético representa la hipotética relación entre las especies E, F, G, H, I y J. Los largos de ramas del árbol representan la cantidad diferencial de evolución de cada clado o taxon, y se ilustran con los números sobre las ramas. Los números bajo las ramas indican el número de taxa que cada una de ellas sostiene; las ramas terminales por ejemplo sólo sostienen a 1 taxon cada una. La ED para un taxon se calcula siguiendo la ruta evolutiva de éste hasta la raíz de la filogenia, sumando para cada rama, el valor que resulta de dividir el largo de la rama por la cantidad de taxa que ésta sostiene. Los valores de ED para estos taxa hipotéticos se observa en la tabla junto al árbol. El taxon que tiene una mayor ED es J, ya que está en una rama larga, y su ruta evolutiva tiene pocas ramificaciones.**

## BIBLIOGRAFÍA

- BENNETT P.M., OWENS I.P.F. (1997) Variation in extinction risk among birds: Chance or evolutionary predisposition? *Proceedings of the Royal Society B-Biological Sciences* 246:401-408.
- CADOTTE M.W., CAVENDER-BARES J., TILMAN D., OAKLEY T.H. (2009) Using phylogenetic, functional and trait diversity to understand patterns of plant community productivity. *PLoS ONE* 4:e5695.
- CALLICOTT J.B., ROZZI R., DELGADO L., MONTECINO M., ACEVEDO M., HARCOMBE P. (2007) Biocomplexity and conservation of biodiversity hotspots: three case studies from the Americas. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London Series B-Biological Sciences* 362:321-333.
- CBD U.N. (1992) 1992 Convention on Biological Diversity, in: U. Nations (Ed.), Rio de Janeiro, Brazil. pp. 39.
- COLLEN B., TURVEY S.T., WATERMAN C., MEREDITH H.M.R., KUHN T.S., BAILLIE J.E.M., ISAAC N.J.B. (2011) Investing in evolutionary history: implementing a phylogenetic approach for mammal conservation. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London Series B-Biological Sciences* 366:2611-2622.
- DE GROOT R.S., WILSON M., BOUMANS R. (2002) A typology for the description, classification, and valuation of ecosystem functions, goods and services. *Ecological Economics* 41:393-420.
- FAITH D.P. (1992) Conservation evaluation and phylogenetic diversity. *Biological Conservation* 61:1-10.
- FAITH D.P. (2008) Threatened species and the potential loss of phylogenetic diversity: conservation scenarios based on estimated extinction probabilities and phylogenetic risk analysis. *Conservation Biology* 22:1461-1470.
- FAITH D.P., BAKER A.M. (2006) Phylogenetic Diversity (PD) and biodiversity conservation: Some bioinformatics challenges. *Evolutionary Bioinformatics Online* 2:70-77.
- FISHER D.O., OWENS I.P.F. (2004) The comparative method in conservation biology. *Trends in Ecology & Evolution* 19:391-398.
- FOREST F., GRENYER R., ROUGET M., DAVIES J.T., COWLING R.M., FAITH D.P., BALMFORD A., MANNING J.C., PROCHE S., VAN DER BANK M., REEVES G. (2007) Preserving the evolutionary potential of floras in biodiversity hotspots. *Nature* 445:757-760.
- HELMUS M.R., BLAND T.J., WILLIAMS C.K., IVES A.R. (2007) Phylogenetic measures of biodiversity. *American Naturalist* 169:E68-E83.
- ISAAC N.J.B., TURVEY S.T., COLLEN B., WATERMAN C., BAILLIE J.E.M. (2007) Mammals on the EDGE: Conservation priorities based on threat and phylogeny. *PLoS ONE* 2:e296.

- KUNTNER M., MAY-COLLADO, L.J., AGNARSSON, I. Phylogeny and conservation priorities of afrotherian mammals (Afrotheria, Mammalia). *Zoologica Scripta* 40: 1-15.
- MARTÍNEZ-HARMS M.J., GAJARDO R. (2008) Ecosystem value in the Western Patagonia protected areas. *Journal for Nature Conservation* 16:72-87.
- MCGOOGAN K., KIVELL T., HUTCHISON M., YOUNG H., BLANCHARD S., KEETH M., LEHMAN S.M. (2007) Phylogenetic diversity and the conservation biogeography of African primates. *Journal of Biogeography* 34:1962-1974.
- MIDGLEY G.F., HANNAH L., MILLAR D., RUTHERFORD M.C., POWRIE L.W. (2002) Assessing the vulnerability of species richness to anthropogenic climate change in a biodiversity hotspot. *Global Ecology and Biogeography* 11:445-451.
- MOOERS A.O., FAITH D.P., MADDISON W.P. (2008) Converting endangered species categories to probabilities of extinction for phylogenetic conservation prioritization. *PLoS ONE* 3:e3700.
- MYERS N., MITTERMEIER R.A., MITTERMEIER C., G., DA FONSECA G.A.B., KENT J. (2000) Biodiversity hotspots for conservation priority. *Nature* 403:853-858.
- PIO V.D., BROENNIMANN O., REEVES G., BARRACLOUGH T.G., REBELO A.G., THUILLER W., GUIGAN A., SALAMIN N. (2011) Spatial predictions of phylogenetic diversity in conservation decision making. *Conservation Biology* 25:1229-1239.
- POTTER K.M. (2008) From genes to ecosystems: Measuring evolutionary diversity and community structure with forest inventory and analysis (FIA) data. *USDA Forest Service Proceedings RMRS-P-56:1-16*.
- PURVIS A., AGAPOW P.M., GITTLEMAN J.L., MACE G.M. (2000) Nonrandom extinction and the loss of evolutionary history. *Science* 288:328-330.
- PURVIS A., GITTLEMAN J.L., BROOKS T. (2005) *Phylogeny and conservation* Cambridge University Press, Cambridge.
- RODRIGUES A.S.L., GASTON K.J. (2002) Maximising phylogenetic diversity in the selection of networks of conservation areas. *Biological Conservation* 105:103-111.
- SCHERSON R.A., NAULIN P.I., ALBORNOZ A.A., HAGEMANN T., ARROYO M.T.K. (2012) Variability in phylogenetic diversity (PD) estimates illustrated with plant data for the high Andes of South America. *New Zealand Journal of Botany* In press.
- SCHWEIGER O., KLOTZ S., DURKA W., KUHN I. (2008) A comparative test of phylogenetic diversity indices. *Oecologia* 157:485-495.
- SECHREST W., BROOKS T.M., DA FONSECA G.A.B., KONSTANT W.R., MITTERMEIER R.A., PURVIS A., RYLANDS A.B., GITTLEMAN J.L. (2002) Hotspots and the conservation of evolutionary history. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 99:2067-2071.
- STEEL M., MIMOTO A., MOOERS A.O. (2007) Hedging our bets: the expected contribution of species to future phylogenetic diversity. *Evolutionary Bioinformatics* 3:237-244.
- THUILLER W., LAVERGNE S., ROQUET C., BOULANGEAT I., LAFOURCADE B., ARAUJO M.B. (2011). Consequences of climate change on the tree of life in Europe. *Nature* 470: 531-534.
- TORRES N.M., DINIZ-FILHO J.A.F. (2004) Phylogenetic autocorrelation and evolutionary diversity of carnivora (Mammalia) in conservation units of the New World. *Genetics and Molecular Biology* 27:511-516.
- VALENZUELA F. (2007) Análisis del efecto eventual de los cambios globales en los espacios naturales de un macizo montañoso costero de Chile central. *Ciencias Ambientales y Recursos Naturales Renovables*, Universidad de Chile, Santiago.
- VAMOSI J.C., WILSON J.R.U. (2008) Nonrandom extinction leads to elevated loss of angiosperm evolutionary history. *Ecology Letters* 11:1047-1053.
- VANE-WRIGHT R.I., HUMPHRIES C.J., WILLIAMS P.H. (1991) What to Protect - Systematics and the Agony of Choice. *Biological Conservation* 55:235-254.
- WEBB C.O. (2000) Exploring the phylogenetic structure of ecological communities: an example for rain forest trees. *The American Naturalist* 156:145-155.
- WILSON K.A., MCBRIDE M.F., BODE M., POSSINGHAM H.P. (2006) Prioritizing global conservation efforts. *Nature* 440:337-340.

# PROBLEMÁTICA DE RÍOS TRANSFRONTERIZOS O DE FLUJO CONTINUO

Matilde López M. <sup>(1)</sup> y Oscar Fernández P. <sup>(2)</sup>

<sup>(1)</sup> *Bióloga, Dra. En Procesos Sociales y Políticos de Latinoamérica, MSc. in Ecology. Departamento de Gestión Forestal y su Medio Ambiente, Facultad de Ciencias. Forestales y de la Naturaleza, Universidad de Chile. mlopezm@uchile.cl*  
<sup>(2)</sup> *Ingeniero Forestal, Universidad de Chile. ofernandez@ug.uchile.cl*

La vida de los seres humanos y toda su proyección social y cultural ha estado desde siempre, asociada al uso del agua y al aprovechamiento de dicho medio no solo como fuente de bebida y alimentación, sino como recurso ordenador y creador de la vida de las comunidades humanas (López y Cabrera, 2008).

En Los Andes chilenos en un pasado remoto, es posible que las intervenciones humanas pudieran considerarse insignificantes, en relación a los procesos dominantes de la naturaleza. Sin embargo, existe el consenso de que a partir del siglo XVI, junto con la colonización, se inició un proceso de introducción de especies de plantas, animales y tecnologías, que fueron transformando los patrones andinos del uso de recursos (Castro, 1998).

A pesar de que la región de América Latina y el Caribe es relativamente rica en recursos hídricos, enfrenta continuos cambios como resultado de problemas de contaminación local, la desigual distribución espacio temporal de la disponibilidad del agua y desacuerdos político económicos entre partes.

Bajo este análisis, la utilización en territorio chileno de las aguas del río Lauca (Figura 1) en su calidad de río transfronterizo compartido con Bolivia, se enmarca en una problemática de cursos continuos transfronterizos que debiera haber sido abordada con

una evolución progresiva de beneficios para ambos países (López, 2006). Es por casos como éste, que la situación de ríos transfronterizos internacionales está siendo particularmente abordada por la UNESCO, entre otros organismos internacionales.



Figura 1. Río Lauca, Comuna de Putre, región de Arica y Parinacota

El hecho que el agua sea un recurso finito, crea una percepción general que compartirla sería ganancia para unos y pérdida para otros. Sin embargo, la gestión del agua en las cuencas fluviales puede más bien ampliar el alcance del beneficio general al optimizar el uso del recurso, incrementar los regadíos, mejorar la eficiencia de la generación de energía hidroeléctrica y la disminuir los pasivos ambientales.

Dentro de la Unión Europea (U.E.), la integración política-económica ha facilitado la puesta en marcha

de nuevos y ambiciosos proyectos para la gestión de las cuencas fluviales. La Directiva Marco Europea del Agua de 2000, es uno de los más destacados marcos de la gestión de aguas compartidas. Su objetivo es lograr “un buen estado ecológico” de todas las aguas europeas para el 2015, es decir, cumplir con los criterios de calidad, evitando la sobre explotación del agua subterránea y en las aguas superficiales, preservar los ecosistemas acuáticos (GEF, 2007).

Referente a las cuencas internacionales, la directiva dispone que los miembros de la U.E., deberán establecer una coordinación con terceros países y además, asegurar una activa participación de representantes de la comunidad (GEF, 2007).

En el marco del III Simposio Internacional en Gestión Transfronteriza del Agua (Definiendo los límites hacia una mejor gestión del agua) llevado a cabo en la Universidad de Castilla-La Mancha, España en el año 2006, se sintetizó los principales problemas y sugerencias para adoptar una mejor cooperación transfronteriza a través de diálogos regionales. En esa oportunidad, la Ministra de Cooperación para el Desarrollo Internacional de Suecia, Anne Gunilla Carlsson, indicó que alrededor del 60% de la población mundial vive en cuencas compartidas por dos o más países, afirmando que es algo que no se puede ignorar. Analizando el caso de Estocolmo, el Mar Báltico, se constata que su historia está llena de guerras y conflictos, así como de paz y cooperación. Siguiendo las conclusiones de Carlsson, en lo relacionado a las aguas transfronterizas, se desprende que dentro de éstas no sólo se incluye a ríos y sus cuencas sino que también a áreas costeras y océanos, por lo que las soluciones deben ser políticas y técnicas entre naciones limítrofes.

Las aguas transfronterizas adquieren mayor relevancia si se considera que según la Organización de las Naciones Unidas (2003), un quinto de la población mundial todavía carece de acceso al agua potable y aproximadamente la mitad de los ríos del mundo se encuentran en condiciones de contaminación y agotamiento graves y que según el Banco Mundial (2011), el agua en la zona norte de Chile tendría

una disponibilidad de un -80% para el año 2025. Esto ha llevado a que algunos expertos se muestren principalmente pesimistas, pronosticando futuros conflictos militares en torno a los escasos recursos hídricos. Sin embargo, voces como las del Secretario General de la ONU, Ban Ki-moon, que si bien admiten que preocupa la posibilidad de “disputas violentas” en torno a esos recursos compartidos, destacan que la cooperación es la respuesta más común de los pueblos que compiten por el agua, ya que hay por lo menos 300 pactos hídricos internacionales, a menudo entre partes que de otro modo estarían enfrentadas.

En Asia austral, tres cuencas de ríos transfronterizos abastecen a alrededor de la mitad de los 1.500 millones de habitantes de la región, entre ellos los más pobres del mundo. Esas tres cuencas, que cubren ocho países, son: las de los ríos Ganges-Brahmaputra-Meghna, que se extiende por Bangladesh, Bután, China, India y Nepal, la cuenca del Indo que abarca a Afganistán, China, India, Nepal y Pakistán y la del Helmand que abastece a Afganistán, Irán y Pakistán (Bhaduri, A. y E. Barbier, 2006).

Un caso dramático es el del Mar Muerto, donde el 95% de sus aguas han sido desviadas y por lo tanto los gobiernos de Israel, Palestina y Jordania se han visto forzados a firmar acuerdos para rehabilitar en parte la funcionalidad de este ecosistema. Estas declaraciones todavía no se han materializado en acciones concretas, como permitir que los palestinos logren un acceso directo al Mar Muerto en calidad de país ribereño con iguales derechos que Israel. Pero las actividades para restablecer la paz solamente requerirían un porcentaje muy pequeño de buena disposición. (3th. International Symposium on Transboundary Waters Management, 2006).

Volviendo concretamente al caso chileno, la integración y crecimiento económico de la zona norte transfronteriza, pasa por el desarrollo de proyectos tales como electrificación rural, integración física, comunicación y energía, lucha contra el narco tráfico, respeto por el medio ambiente y la diversidad biológica (Vega, 2005).

Es por esto que Chile, al ser un país-isla donde solo existen dos pasos fronterizos internacionales

correspondientes a las cuencas hidrográficas; Lauca, Chile-Bolivia y Futaleufú, Chile-Argentina (Figura 2), podría constituirse en un excelente “laboratorio” para estudios eco-sociales y político-económicos, definiendo e implementando soluciones modelo para casos de problemas de aguas internacionales.



**Figura 2. Río Futaleufú, Comuna de Futaleufú, región de Los Lagos**

Una posible solución a los problemas derivados de las relaciones internacionales se orienta a preparar planes y programas, de acuerdo a una política de gestión hidrológica que no deja de ser compleja y que se relaciona frecuentemente con lo económico, político y social de los países involucrados. Por lo tanto, en el caso chileno, el efecto de las perturbaciones antrópicas debiera ser estudiado y modelado bajo una visión de ecosistemas hídricos simples y que cuenten con un relativo conocimiento ecológico de sus aguas.

## BIBLIOGRAFÍA

- BHADURI, A. y E. BARBIER. 2006. International water transfer and sharing: The case of the Ganges river. III International Symposium on Transboundary

Waters Management. Procc. Session 3.5 C3. Universidad de Castilla- La Mancha, Spain.

- BANCO MUNDIAL. 2011. Diagnóstico de la gestión de los recursos hídricos. Departamento de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible Región para América Latina y el Caribe.
- CASTRO, V. 1998. La dinámica de las identidades en la subregión del río salado. Primer encuentro Nacional Interinstitucional de Investigadores de Identidades Culturales. Public. Depto. Invest y Desarrollo. Universidad de Chile. p 5-50
- GLOBAL ENVIRONMENT FACILITY. 2007. Foresting transboundary cooperation through regional dialogue processes. URL <http://www.iwlearn.net/experience>.
- LÓPEZ, M. 2006. Ecological and Economic Process of Transboundary Basin of Lauca River (18°South lat.), Chile-Bolivia: a Study Proposal III International Symposium on Transboundary Waters Management. Procc. Session 1.3.B.3 Universidad de Castilla- La Mancha, Spain.
- LÓPEZ, M. y G. CABRERA. 2008. Ecology and ground water: a case of study in a transboundary latin American river (Lauca river). UNESCO Tesseloniki, Greece, 15-18 oct. URL <http://www.inweb.gr/twm4/abs/lopez%20matilde%20maria.pdf>
- VEGA, H. 2004. Bolivia: salida al mar ¿un problema bilateral?. URL <http://www.panoramacultural.net>.
- ONU, 2003. ¿Un vaso medio vacío?. URL <http://www.un.org/spanish/events/water/vaso.htm>
- TRANSBOUNDARY WATERS MANAGEMENT. 2006. III International Symposium. Universidad de Castilla-La Mancha. 30 mayo al 2 de junio. Ciudad Real, España. 217 pp.

# LOS INCENDIOS FORESTALES EN CHILE UN PROBLEMA PERMANENTE Y CRECIENTE

Miguel E. Castillo Soto <sup>(1)</sup>

*(1) Ingeniero Forestal, Laboratorio de Incendios Forestales, Departamento de Gestión de Bosques y Medioambiente, Facultad de Ciencias Forestales y de la Conservación de la Naturaleza, Universidad de Chile. migcasti@uchile.cl*

Chile es un país permanentemente afectado por incendios forestales. La presencia de un ecosistema de tipo mediterráneo, asociado a una marcada estacionalidad y la incidencia del factor humano, otorgan las condiciones necesarias para el inicio y propagación del fuego, y que en los últimos años ha ocasionado cuantiosos daños materiales, incluso la muerte de personas. Ya es parte de la agenda noticias veraniegas, cómo se suceden sistemáticamente los incendios y cómo además, se hace evidente la escasez de recursos aéreos y terrestres para el combate de los mismos.

Este aspecto, ha concitado la permanente preocupación por parte de las autoridades regionales, las cuales han centrado sus esfuerzos en administrar de la mejor manera los recursos financieros para hacer frente a la temporada de incendios. Por esencia, esta disponibilidad fue, ha sido y muy probablemente, será insuficiente para la demanda en protección en las temporadas futuras de incendios. Ello se debe a que aún después de años de análisis de los enormes y graves daños reportados, discusiones legales y balances históricos sobre la relación gasto/daño, aún se establece un modelo de asignación interna de presupuestos que claramente no refleja la real necesidad en protección contra incendios: en promedio, cerca de un 7% del gasto presupuestario anual para cada temporada

estival se asigna a las campañas de prevención y el resto al combate. Esta asimetría en la proporción del gasto y los extremos esfuerzos en administrar los recursos disponibles para la temporada de incendios, lleva a que todos los años deban plantearse mejores estrategias para la protección y defensa, tanto de los recursos naturales renovables como también de la población que coexiste en estos territorios.

El territorio nacional se caracteriza por presentar una marcada concentración espacial del problema de los incendios forestales. En tal sentido, estudios elaborados por el Laboratorio de Incendios Forestales del Departamento de Gestión de Bosques y del Ambiente, de la Facultad de Ciencias Forestales y de la Conservación de la Naturaleza, de la Universidad de Chile, junto a los antecedentes anuales reportados por la Corporación Nacional Forestal (Conaf), destacan la existencia de áreas particularmente críticas de ocurrencia. Las Regiones de Valparaíso, Metropolitana, del BioBío y de la Araucanía, concentran mayoritariamente el número de incendios y la superficie afectada. No obstante, el problema también ha extendido su gravedad hacia otras latitudes como lo ocurrido en los años 2005 y en la temporada 2011-2012 en el Parque Nacional Torres del Paine, en donde los daños ocasionados por el fuego han sido de particular gravedad. Es importante señalar que si

bien es cierto en prácticamente el 99% del origen de los incendios provienen de la actividad humana, las características de los mismos varían de una región a otra, incluso en escalas geográficas muy locales.

## ALGO MÁS QUE ESTADÍSTICAS

En los últimos 49 años (1963-2012), se constata la ocurrencia de 202.601 incendios forestales en todo Chile, los que afectaron a 2.270.114 hectáreas. En la figura 1 se ilustra el comportamiento interanual de las cifras, tanto de número de incendios como de superficie afectada. En el caso de la cantidad de eventos por año, se desarrolla una tendencia a un valor promedio de 4.135 incendios/año, posible de representar mediante una línea de tendencia (línea punteada). No obstante este promedio de ocurrencia, existe una muy alta variabilidad en la superficie afectada, lo cual indica que no necesariamente una alta cifra de incendios va asociada a una alta cantidad de hectáreas quemadas. Sin ir más lejos en la pasada temporada 2011-2012 se sucedieron enormes incendios forestales causados por la negligencia del hombre, pero con un promedio

histórico de incendios que no difiere significativamente respecto al período de 49 años. El ejemplo más reciente fueron las casi 18 mil hectáreas de bosque nativo y matorral consumidas por las llamas en Torres del Paine y cuyo origen fue, al igual a lo sucedido en 2005, provocado por actos irresponsables de turistas.

En general los antecedentes revelan una notable alza de la cantidad de incendios hasta el período 1982-1986, momento en que la curva se estabiliza, comprobándose posteriormente y hasta los tiempos presentes valores que fluctúan entre 5.200 y 7.570 incendios anuales, con una leve tendencia al incremento. En cambio, la tendencia de las superficies afectadas por el fuego en el mismo período es diferente, con alternancia de años benignos y críticos, y fluctuaciones desde 10.921 (temporada 2000-2001) hasta 101.691 (temporada 1998-1999) hectáreas por año. La última temporada 2011-2012 fue una de las más críticas en este monto de cifras, con 91.261 hectáreas quemadas.

Por otra parte, no debe desconocerse el efecto de las campañas de prevención y del mayor control en el uso del fuego, que se han venido intensificando

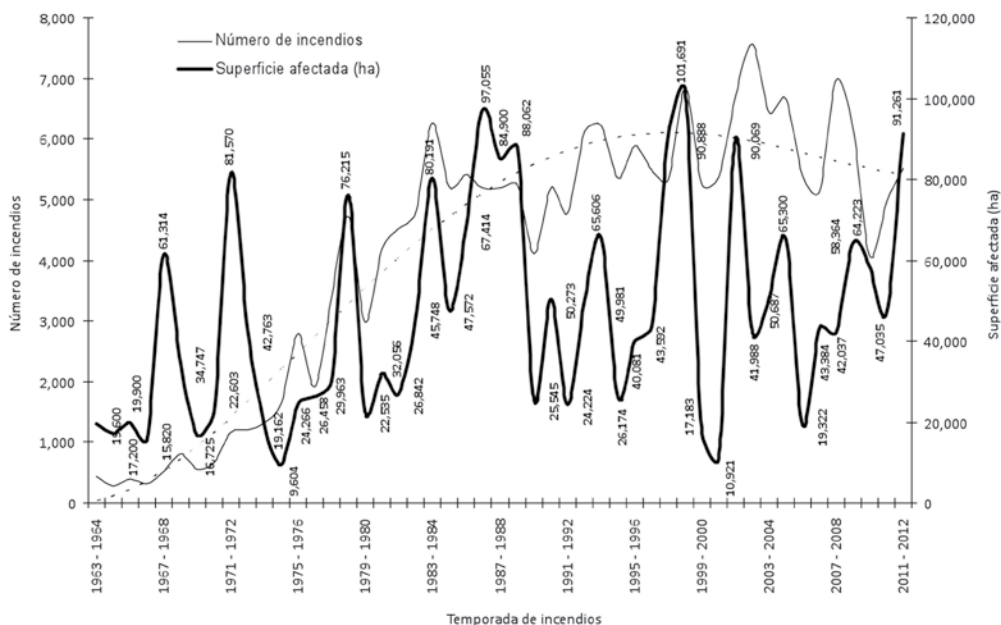
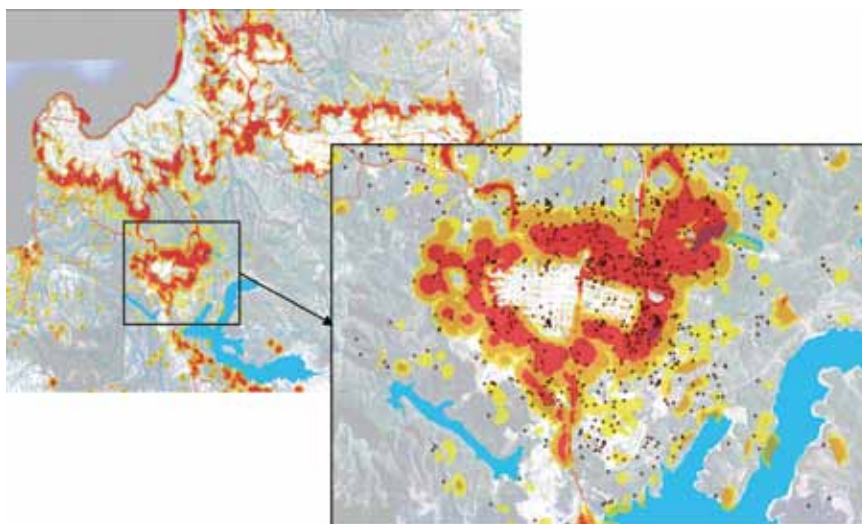


Figura 1. Evolución histórica de la ocurrencia de incendios en Chile. Últimos 49 años.

con el transcurso de los años. De todas maneras, la tendencia del incremento de los incendios forestales es un fenómeno que se presenta en la mayoría de los países del mundo, como una consecuencia del uso cada vez más intensivo de los recursos naturales renovables, ya sea para su aprovechamiento productivo, o bien como una fuente de recreación y esparcimiento. Aunque, aún no es posible comprobarlo fehacientemente con evidencias científicas, al parecer el cambio climático también está influyendo en el aumento de los incendios forestales y la severidad de los mismos.

A nivel de regiones, Valparaíso concentra la mayor densidad de incendios en relación al resto de las regiones, producto de la presencia de extensas zonas de interfaz urbano-forestal, lo que ocasiona el predominio de incendios de alta conflictividad y el establecimiento de niveles de alerta que permiten activar distintos protocolos de asignación de recursos para el combate. Por lo general, los indicadores de alerta (amarilla y roja) van coordinados con la intervención de otras fuerzas para el combate, tales como carabineros, bomberos, fuerzas armadas y personal de otras instituciones del estado. Normalmente se tratan de incendios de rápida propagación y que amenazan principalmente a viviendas o industrias localizadas en áreas de interfaz.

La condición de riesgo en la ocurrencia presenta algunas diferencias entre regiones (Figura 2). Esto se debe al significativo efecto de la población en la iniciación de los fuegos, principalmente en la periferia de áreas urbanas (Figura 3), a lo largo de carreteras y caminos en donde se acumulan desechos de vegetación combustible y basurales, y también por la variabilidad de los factores ambientales que inciden en la iniciación de los incendios (clima,



**Figura 2. Realce de las principales áreas de riesgo de incendios forestales para la zona de Valparaíso. En cuadro ampliado se muestra el efecto de la interfaz en la calificación del riesgo. Las áreas más oscuras (tonalidades rojas) están asociadas a terrenos con alta ocurrencia y cercanía de viviendas. Los incendios (marcados con puntos) tienden a concentrarse en las vías de comunicaciones y áreas de mayor vulnerabilidad.**



**Figura 3. Consecuencias de la propagación del fuego en un incendio ocurrido en el mes de febrero de 1999. Fuente: fotografía aérea cedida por la Municipalidad Chiguayante.**

topografía y tipos vegetacionales). En tal sentido, se observa que la Región de Valparaíso es la que presenta permanentemente los mayores niveles de ocurrencia de incendios forestales.

Vistos estos antecedentes, el desafío entonces es procurar minimizar los daños ocasionados por la propagación del fuego en sus múltiples orígenes: en el



manejo de los combustibles vegetales durante las labores de quemas, en una silvicultura preventiva sistemática y programada de acuerdo a las necesidades de reducción de combustibles y por sobre todo en las múltiples tareas relacionadas a la educación y difusión. En este último aspecto, es de vital importancia la transmisión de conocimientos, valores y responsabilidades que la población de riesgo debería adoptar durante las actividades de vacaciones, como asimismo en aquellas conductas relacionadas a la ocurrencia de incendios forestales en zonas de interfaz urbano-forestal.

## **LA LEGISLACIÓN VIGENTE NECESITA MODERNIZARSE AÚN MÁS**

Los actuales sistemas de protección, que operan en el sector público y privado, han experimentado un importante crecimiento en la dotación de recursos financieros, que entre otros destinos, han sido utilizados para el desarrollo y actualización de planes, programas, inversión en infraestructura, y tecnologías de información necesarias para modernizar las centrales de operación y redes de monitoreo a lo largo del país.

Sin embargo, asumiendo que aún cuando se ha avanzado sustantivamente en el crecimiento físico, hasta el día de hoy todavía se discute respecto a la necesidad de otorgar mayor dotación de recursos financieros del estado para fortalecer las campañas de prevención y combate de incendios. Ha sido un permanente desafío para las oficinas regionales de Conaf que enfrentan las mayores tasas de ocurrencia, poder hacer frente a la simultaneidad de incendios, especialmente en los casos cuando la propagación descontrolada del fuego ocasiona el establecimiento de los mecanismos de alerta que se señalaban anteriormente. Este problema se extiende también a las empresas forestales, en cuyo caso se abastecen de recursos propios para invertir fuertemente en sus programas de protección contra incendios e incluso ir más allá, estableciendo redes de colaboración con Conaf, y en la minimización de la tasa de ocurrencia en territorios que puedan ser calificados de alto riesgo para las plantaciones comerciales.

Estos esfuerzos en materia de inversión no han ido necesariamente en paralelo a una modernización de la legislación vigente en materia de incendios. Actualmente, se analiza y discute la redacción de una nueva ley nacional de protección contra incendios forestales que busca profundizar algunos aspectos, partiendo de la base de estandarizar definiciones acerca del manejo del fuego en todos sus componentes y el rol que le compete a cada organismo encargado de la protección con mayor claridad. Como también, establecer en forma más explícita y normativa, aquellas materias que están asociadas a los compromisos de propietarios de terrenos rurales y sectores de interfaz que inciden directamente en la ocurrencia y propagación del fuego. Entre otros aspectos necesarios de abordar y que inciden directamente en la tasa de ocurrencia de incendios y en los daños que se derivan, es necesario procurar una mejor regulación del uso del fuego en terrenos rurales, como también en el endurecimiento de las sanciones a los responsables de actos vandálicos y piromanía que acentúan aún más la gravedad del problema de los incendios forestales en épocas de verano.

## **COMO REFLEXIÓN FINAL: ¿Y QUE SUCEDE CON LA INVESTIGACIÓN PARA MEJORAR ESTA REALIDAD?**

Un país de tradición forestal, como Chile, no puede plantear modernizar su actual cuerpo legal en materia de defensa contra incendios forestales si ello no va en paralelo a un fortalecimiento de la investigación y desarrollo. Como se indicaba anteriormente, existe un permanente desafío en dotar de mejores recursos a los organismos estatales y privados encargados de la protección contra incendios. Sin embargo, aún subsisten falencias en algunas líneas temáticas de investigación las que sin dudas son necesarias para fortalecer los actuales sistemas de protección, más allá de modernismos en infraestructura que en definitiva funcionan parcialmente dada las deficiencias que subyacen en la necesidad de mayores conocimientos, alineados con las actuales demandas en protección.

Una primera revisión de lo anterior, permite identificar seis grandes ejes en los cuales se ha avanzado sustantivamente, pero a un ritmo que podría ser notoriamente mayor. El primero de los temas se refiere al estudio del comportamiento del fuego, con el propósito de revisar con mayor profundidad todos sus componentes que podrían llevar al diseño de un sistema integrado de pronósticos y simulación de incendios forestales. Un segundo eje temático es el fortalecimiento de la Prevención, orientado esencialmente al estudio de los grupos sociales de riesgo, la silvicultura preventiva y la calificación de zonas de riesgo y peligro. Todo lo anterior, permitiría mejorar las bases para la preparación de futuros programas de prevención en incendios.

Un tercer eje temático lo constituye el estudio de estándares de productividad en operaciones terrestres y aéreas, en cuyo caso existe mucha información pero desagregada y sin un patrón claro de investigación. Un

estudio integrado de este tema permitiría reformular de mejor manera las operaciones de presupresión y combate. Un cuarto tema necesario a abordar, es la gestión en manejo del fuego. En tal sentido la valoración económica permitiría estructurar mejores planes y programas en la materia. Un quinto tema lo constituye el uso del fuego y sus efectos en incendios forestales y quemas prescritas, en el sentido de estudiar con mayor profundidad los impactos generados por las técnicas de encendido, la propagación del fuego derivada de esta actividad, y técnicas alternativas en el tratamiento de combustibles basadas en el uso del fuego. Por último, un sexto eje a invertir en nuevos estudios es la seguridad en manejo del fuego, con el propósito de definir parámetros técnicos que permitan mejorar la capacitación, entrenamiento del personal, los reglamentos asociados a la actividad forestal en incendios y la prevención de accidentes, entre otras materias.

# BIOINSECTICIDA A BASE DE HOJAS DE BOLDO CONTRA LA VAQUITA DEL OLMO

Ítalo Chiffelle Gómez<sup>(1)</sup>, Amanda Huerta Fuentes<sup>(2)</sup>, Rodrigo Jiménez Catalán<sup>(3)</sup> y Jaime E. Araya Clericus<sup>(4)</sup>

<sup>(1)</sup> Dr. Bioquímico, Departamento Agroindustria y Enología, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile. [ichiffel@uchile.cl](mailto:ichiffel@uchile.cl)

<sup>(2)</sup> Dra. Ingeniero Forestal, Departamento de Silvicultura, Facultad de Ciencias Forestales y de la Conservación de la Naturaleza, Universidad de Chile. [ahuertaf@gmail.com](mailto:ahuertaf@gmail.com)

<sup>(3)</sup> Ingeniero Forestal. [roleo00@yahoo.com](mailto:roleo00@yahoo.com)

<sup>(4)</sup> Dr. Ingeniero Agrónomo, Departamento de Sanidad Vegetal, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile. [jaimearaya@yahoo.com](mailto:jaimearaya@yahoo.com)

Hasta el siglo XIX el árbol no fue requerido ni imaginado en el espacio público de las ciudades hispanoamericanas. Hoy, en el milenio urbano, ha tomado un rol importante el arbolado vial, que determina en gran medida la imagen y calidad ambiental de la ciudad moderna.

La importancia de la preservación de la arborización urbana viene conquistando un espacio bastante definido en la sociedad, con miras a aprovechar la contribución actual y potencial que éstos pueden aportar al bienestar de la población tanto desde el punto de vista fisiológico, como psicológico y social, reconociéndose una relación entre arborización y calidad de vida.

Sin embargo, el mantenimiento de una condición fitosanitaria satisfactoria en el arbolado urbano, se ha vuelto cada vez más compleja. El incremento del intercambio internacional de productos es una de las causas principales de la dispersión de organismos que amenazan la sanidad de las masas vegetales.

## VAQUITA DEL OLMO (*XANTHOHALERUCA LUTEOLA*)

En los últimos años se ha detectado en Chile una serie de plagas en plantaciones y arbolado urbano, que afectan directamente la economía y el bienestar del país. Entre ellas se encuentra la “vaquita del olmo”, *Xanthogaleruca luteola* Müller (Col.: Chrysomelidae) (Figura 1A), insecto que esqueletoniza las hojas (Figura 1B), asociado a los olmos (*Ulmus* spp.), especies utilizadas en espacios urbanos con fines ornamentales. Este insecto puede defoliar totalmente los olmos, comúnmente en verano, debilitándolos y dejándolos vulnerables al daño por otros insectos. Si los daños son graves y ocurren durante 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 estrés. Especialmente quedan susceptibles a la acción de escolítidos, portadores de las esporas del hongo *Ophiostoma novoulmi* Brasier, que causa la grafiosis del Olmo, enfermedad que pone en peligro de desaparición a esta especie vegetal.



**Figura 1.** *Xanthogaleruca luteola*. (A) Estados de desarrollo (Larva y Adulto). (B) Olmo dañado por la plaga.

*Xanthogaleruca luteola* se desarrolla en una metamorfosis completa, con huevo, larva, pupa y adulto, y suele tener dos generaciones al año. Según las condiciones climáticas puede existir una tercera generación o parte de ella. Debido a que el período de puesta tiene una duración cercana a un mes, es corriente que se encuentren al mismo tiempo huevos, larvas y adultos.

Los insectos durante su estado larvario devoran la parte verde de las hojas, sin consumir la epidermis del haz y dejan las nerviaciones intactas. A las 2-4 semanas desde su nacimiento se desplazan a lo largo de las ramas y tronco para pupar, estado en el cual permanecen alrededor de diez días. Luego de invernar, y una vez llegada la primavera, los adultos de *X. luteola* inician su actividad, se alimentan de las hojas, en las que producen agujeros irregulares. Es frecuente encontrar hojas con ambos tipos de daño, es decir, hojas con daños producidos por larvas y adultos simultáneamente, lo que indica un traslape de generaciones (Figura 1). Al poco tiempo de este daño los adultos se aparean y la hembra inicia la postura. Los huevos son depositados sobre las hojas, en grupos de 5 a 25; cada hembra pone en promedio, de 400 a 700 huevos. El período medio de incubación es de 8 días.

En 1994 fue detectado en forma masiva en las Regiones de Valparaíso, Metropolitana, O'Higgins y Bío-Bío. En marzo de 2005 se encontró infestando olmos en la Región del Maule, lo que indica su rápida dispersión. Actualmente se distribuye hasta la Región de La Araucanía. A la fecha no existe una solución técnico-económica factible de aplicar en las áreas

urbanas que satisfaga criterios propios del manejo sostenible de plagas.

### BIOINSECTICIDAS

Una de las principales técnicas de control de plagas es el uso de insecticidas químicos, lo que, sin embargo, tiene efecto negativo sobre los seres humanos y el ambiente. Por ello, en el último tiempo se ha generado una tendencia hacia la elaboración de insecticidas naturales en base a los componentes activos de la biomasa vegetal.

Las plantas han evolucionado por más de 400 millones de años, y para contrarrestar el daño de los insectos han desarrollado mecanismos químicos de protección con efecto similar al de la acción insecticida. El hombre los ha explotado como herramienta en el manejo de plagas, cuando descubrió que los aceites, cenizas, desechos de extracción, extractos, humos, jugos, polvos, y resinas de algunas plantas le ayudaban a proteger sus cultivos. Sin embargo, estas herramientas fueron desplazadas por los insecticidas inorgánicos y posteriormente organosintéticos.

Para utilizar una planta con fines insecticidas no basta con que ésta sea prometedora o que sus propiedades insecticidas estén comprobadas; además se debe hacer un análisis de riesgo al ambiente y a la salud, considerando que el vegetal no se encuentre en vías de extinción, sea difícil de encontrar o que su utilización implique alteraciones importantes a su densidad en la naturaleza. Para que el uso de una planta insecticida no implique un deterioro al

ecosistema sería ideal que tuviera las características siguientes: ser perenne, estar ampliamente distribuida y en grandes cantidades en la naturaleza, o bien que se pueda cultivar, usar órganos renovables rápidamente, como hojas, flores o frutos, y evitar el uso de raíces y corteza; que requiera poco espacio, escaso manejo, baja demanda de agua y fertilización, no constituya una maleza para plantas de importancia económica, tenga usos complementarios (como medicinales), y sea efectiva a dosis bajas.

Gran parte de las especies de plantas que se utilizan en la protección vegetal exhiben un efecto insectistático más que insecticida, es decir, inhiben el desarrollo normal de los insectos. Los compuestos antialimentarios en los sistemas de manejo integrado de plagas pueden resultar muy útiles como complemento o alternativa a los sistemas clásicos de control. Esta es otra forma de contribuir a la reducción en el uso de insecticidas poco recomendables debido a su persistencia y toxicidad potenciales en el medio. La alimentación de los insectos fitófagos ocurre en varias etapas; orientación hacia la fuente de alimentación, prueba, ingestión, digestión, asimilación y excreción. De este modo, la inhibición de la alimentación causada por insecticidas vegetales consiste en evitar que la alimentación se efectúe de manera normal en, por lo menos, una de estas fases.

### **BOLDO (*PEUMUS BOLDUS* MOLINA)**

El boldo, pertenece a la familia de las Monimiaceae, es un árbol (Figura 2) siempreverde

endémico de Chile, de hasta 20 m de altura, que se caracteriza por su copa globosa verde muy oscura. La fragancia de sus hojas es muy característica, producto de los aceites esenciales sintetizados por esta especie.

El boldo es abundante bajo un régimen de clima mediterráneo, donde forma parte de la estructura de los matorrales costeros y bosques esclerófilos de la zona central. Su alta capacidad de rebrote del tocón ha permitido una explotación masiva de las plantas silvestres durante décadas, por lo que en su hábitat natural se encuentra más en forma de arbusto que como árbol.

*P. boldus* es una especie que tiene una excelente capacidad de regeneración, incluso en áreas quemadas. El sitio en que crece siempre es soleado y, en los suelos de secano, la única humedad edáfica disponible proviene de aguas lluvias.

El boldo es una planta altamente valorada nacional e internacionalmente por su efecto medicinal, lo que ha llevado a que desde comienzos del siglo pasado esté recibiendo la atención de naturalistas y científicos. La demanda internacional de follaje de boldo ha experimentado un constante aumento,



**Figura 2. Imágenes de boldo (*Peumus boldus*). Árbol (izquierda). Flor (superior derecha). Follaje (inferior derecha).**

exportándose en el año 2005 alrededor de 1.500 Toneladas de hojas secas, lo que corresponde al doble del volumen exportado durante el período 1985-1991.

### PROPIEDADES INSECTICIDAS DEL BOLDO

Las hojas del boldo tienen propiedades insecticidas sobre algunos insectos, por ejemplo, sobre el gorgojo del maíz, *Sitophilus zeamais* Motschulsky (Col., Curculionidae), con niveles de control cercanos al 100% (Silva et al., 2005).

Zapata et al. (2006) evaluaron el efecto antialimentario de hojas de boldo en larvas de tercer estadio de *Spodoptera littoralis* Boisduval (Lep., Noctuidae), tras añadir a la dieta artificial hojas molidas, y concluyeron que los insectos pudieron discriminar fácilmente su presencia, y consumieron en menor medida el alimento tratado en comparación con el material no tratado.

Los principios activos más importantes del boldo son alcaloides, aceite esencial y flavonoides. Para liberar y aprovechar los componentes activos de las hojas de *P. boldus* con fines insecticidas, éstas deben triturarse. Las propiedades del follaje que se pueden aprovechar no son estables durante el año. En mayo la eficacia insecticida es menor. En este mes comienza la floración de *P. boldus*, por lo que la producción de flores explica en cierta medida que bajen los niveles de eficacia del efecto insecticida.

### BIOENSAYO CON EXTRACTOS DE HOJAS DE BOLDO CONTRA *X. LUTEOLA*

Con la finalidad de aportar al desarrollo de nuevas fuentes insecticidas y optimizar el control selectivo se evaluó la capacidad insecticida de extractos de hojas de *P. boldus* sobre *X. luteola*, para contribuir a la sanidad de los olmos en ambientes urbanos. Este estudio se hizo en etapas, que incluyeron la obtención del material vegetal de boldo, la colecta y cría de *X. luteola* y la elaboración de extractos, los que se evaluaron mediante bioensayos de laboratorio.

En condiciones de laboratorio, mediante extractos elaborados con polvo del material vegetal y con dos solventes (agua y etanol), a distintas concentraciones. Se hizo una comparación entre follaje juvenil y maduro de boldo con ambos solventes, se determinó el porcentaje de mortalidad de los insectos y la concentración letal 50% (CL<sub>50</sub>). El diseño experimental fue completamente al azar con análisis de efectos fijos para cada uno de los solventes y para la comparación de los estados de madurez se utilizó un diseño bifactorial. Los extractos fueron eficaces y causaron una mortalidad promedio en adultos de *X. luteola* superior al 75% con hojas jóvenes, en las concentraciones más altas, siendo significativas estas diferencias. La menor CL<sub>50</sub> fue de 1% y se obtuvo con etanol como solvente a los 2 días (Chiffelle et al., 2011). El uso de *P. boldus* como insecticida vegetal en el manejo integrado de plagas, ya sea agrícolas como forestales, constituye una prometedora alternativa, dada sus propiedades de baja toxicidad, ecológicamente aceptable y eficiente, potenciando también el uso sustentable del bosque nativo.

### BIBLIOGRAFÍA

- CHIFFELLE, I.; HUERTA, A.; JIMÉNEZ, R. Y ARAYA, J.E. (2011) Proximal analysis and toxicity of extracts from young and mature leaves of the boldo tree (*Peumus boldus*) on elm leaf beetle (*Xanthogaleruca luteola*). Canadian Journal of Forest Research 41: 2259-2266.
- SILVA, G.; ODETTE, O.; HEPP, R. Y TAPIA, M. (2005) Búsqueda de plantas con propiedades insecticidas para el control de *Sitophilus zeamais* en maíz almacenado. Pesquisa Agropecuaria Brasileira 40: 11-17.
- ZAPATA, N.; BUDIA, F.; SILVA, G.; VIÑUELA, E. Y MEDINA, P. (2006) Actividad antialimentaria de *Maytenus boaria* Mol., *Peumus boldus* Mol. y *Quillaja saponaria* Mol. sobre *Spodoptera littoralis* (Boisd.). Bol. Sanidad Vegetal, Plagas 32: 125-135.

# OPTIMIZACIÓN TÉCNICO ECONÓMICA DE LA VIVIENDA DE EMERGENCIA<sup>(1)</sup>

Garay R.<sup>(2)</sup>; Valencia I.<sup>(3)</sup>; Figueroa W.<sup>(4)</sup> Pfenniger F.<sup>(5)</sup>; Tapia R.<sup>(6)</sup>; Larenas J.<sup>(7)</sup>; Toro R.<sup>(8)</sup>

<sup>(2)</sup> Ingeniero Forestal, Directora Departamento Ingeniería en Maderas y sus Biomateriales.

Facultad de Ciencias Forestales y de la Conservación de la Naturaleza. Universidad de Chile. rgaray@uchile.cl

<sup>(3,4)</sup> Ingeniero de la Madera, Facultad de Ciencias Forestales y de la Conservación de la Naturaleza. Universidad de Chile.

<sup>(5,7,8)</sup> Arquitecto, Facultad de Arquitectura y Urbanismo. Universidad de Chile

<sup>(6)</sup> Sociólogo, Facultad de Arquitectura y Urbanismo. Universidad de Chile

## RESUMEN

La VIVIENDA MODULAR AMPIABLE que se construyó como prototipo en los terrenos de la Facultad de Ciencias Forestales y de la Conservación de la Naturaleza en el mes de septiembre de 2010 es una solución habitacional frente a las emergencias. Se trata de vivienda fabricadas en formatos estandarizados que se entregan listos para armar, ready to assemble (RTA) bajo el Sistemas de Construcción Modular Industrializado (SCMI) adaptado para una solución de vivienda definitiva a bajo costo, utilizable en emergencia, que cumple con las normativas del MINVU para viviendas sociales permanentes, es económica y rápida de instalar; cuenta con aislamiento térmico y acústico; durabilidad, ventilación, iluminación y habitabilidad. En la actualidad, no se cumplen estándares de calidad en las viviendas de emergencia que se comercializan en el país, por lo que esta propuesta es innovadora y constituye una solución habitacional definitiva, económica, transportable y rápida de instalar. Es posible su ampliación, tanto hacia arriba y hacia dos de sus cuatro lados. Está fabricada

en módulos de piso, techo y paneles de muros de 2,44 x 2,44 m. los cuales pueden ser elegidos como paneles sólidos, puertas y ventanas según requerimientos de superficie construida del grupo familiar. En particular, el modelo que se presenta satisface los requerimientos térmicos exigidos para la zona climática 3 en Chile.

## INTRODUCCIÓN

Tras el terremoto del 27F, el país entero se vio enfrentado a una necesidad imperiosa de resolver el problema de refugio para miles de chilenos que perdieron su casa, en los casos más difíciles, la pérdida involucró incluso el terreno en donde tenían su vivienda producto del tsunami, en otros casos las viviendas instaladas en sitio propio resultaron dañadas en distintos grados. Cerca de 200 mil viviendas fueron requeridas y hasta ahora se continúa el proceso de reconstrucción, pues el país no estaba preparado para responder a tanta demanda en corto tiempo.

La urgente necesidad de no repetir la experiencia anteriormente narrada tras el terremoto y tsunami, ha motivado el desarrollo de este prototipo de vivienda,

**(1) Se agradece a la Vicerrectoría de Investigación de la Universidad de Chile por aprobar el financiamiento de este prototipo de vivienda, a los funcionarios Luís Espina; Patricio Vergara y a Alfonso Vásquez por su participación en la construcción del prototipo.**

con el anhelo de responder eficientemente al brindar soluciones habitacionales, ya que Chile es un país donde las catástrofes no son eventos aislados, si no continuos y recurrentes. Por ello, es necesario aprender de lo vivido y procurar estar más preparados para enfrentar soluciones habitacionales de emergencia, pero que no deriven en gastos innecesarios, sino en eficaces soluciones. Este prototipo persigue aportar en la prevención de situaciones de emergencia, pero también puede solucionar viviendas permanentes, cumpliendo eficientemente con los requerimientos técnicos exigidos por el MINVU a las viviendas sociales, salvo en superficie.

El desafío que se enfrentó fue diseñar y fabricar al más bajo costo posible una vivienda modular ampliable que cumpliera con estándares técnicos de habitabilidad intentando aproximarse lo más posible a las normativas legales vigentes para viviendas sociales, teniendo en consideración que esta normativa no rige ni contempla a las viviendas de emergencia motivo por el cual este tipo de construcciones en Chile está muy por debajo de estándares mínimos de habitabilidad. En este prototipo, como probablemente en otros tipos de viviendas que se fabricaron en este periodo, se intentó aportar con una solución, con la diferencia que en este caso no existió el propósito de lucrar con esta propuesta, sino poner de manifiesto en la opinión pública la necesidad de responder con mejoras técnicas para estas viviendas, también hacer notar la inexistencia de un adecuado soporte normativo que ha generado la entrega de viviendas de muy baja calidad a las personas en condiciones de emergencia y de alta vulnerabilidad social.

Por lo anterior, en este artículo se quiere dejar por escrito la forma en que se procedió y cuales fueron los resultados obtenidos de esta experiencia, pues aporta al análisis de costos vs criterios técnicos mínimos para este tipo de viviendas.

## **MATERIAL Y MÉTODO**

Esta propuesta se inicia con la selección de los materiales a emplear, los que deben cumplir

simultáneamente con requerimientos técnicos y satisfacerlos al menor costo posible. En esta revisión no siempre se seleccionó el material de más alto estándar técnico, sino aquel más factible de encontrar en distintos lugares, de valor razonable y de fácil manipulación. En base a estos acuerdos, se optó por los siguientes materiales, para los cuales se agrega una breve descripción que permita comprender por que fue seleccionado.

### ***Ficha técnica de elementos empleados en las estructuras***

#### ***Poliestireno expandido.***

Es una espuma rígida suministrada en forma de planchas, de color blanco, de dimensiones volumétricas estables y constituidas por un termoplástico celular compacto. Es elaborado en base a derivados del petróleo, en diferentes densidades según la aplicación y es compatible con el medio ambiente. Dentro de su estructura, este material posee un sinnúmero de celdas cerradas en forma de esferas envolventes que mantienen ocluido con aire quieto su espacio interior. Estas esferas solidariamente apoyadas en sus tangentes e íntimamente soldadas y próximas entre sí, conforman una masa liviana por el volumen de aire encerrado, dando origen a su gran capacidad de aislamiento térmico (98% de aire y 2% de material sólido). Esta capacidad de aislamiento térmico está medida y representada, como propiedad física, por su bajo coeficiente de conductividad térmica. La estructura celular cerrada del poliestireno expandido permite que no sea higroscópico y tenga una gran estanqueidad, lo que limita la absorción de agua al mínimo aún en estado sumergido y prácticamente sin tránsito de agua líquida por capilaridad. Esta característica hace que el poliestireno expandido mantenga inalterable su capacidad de aislación térmica y a la vez, tenga una elevada resistencia a la difusión de vapor de agua, disminuyendo el daño por condensaciones de vapor de agua al interior del material. Es definido como un material permeable a los gases, pero prácticamente impermeable al agua. A pesar del bajo peso del Poliestireno expandido, destacan sus propiedades



físico-mecánicas. Tiene una adecuada resistencia a la compresión, corte, flexión, tracción y también una buena elasticidad.

El Poliestireno expandido usado en la construcción, preferentemente debe contener ignífugo que lo transforme en auto extinguido (no propagador de llama). Frente a un fuego expuesto, la carga combustible es despreciable en relación a la mayoría de los materiales componentes de una edificación. Dentro de otras características se encuentra su estabilidad dimensional en el tiempo, su higiene, su resistencia al envejecimiento, su resistencia a hongos, parásitos y bacterias de putrefacción. No es alimento de roedores, ni de insectos. Posee un amplio espectro de aplicación térmico de temperatura. Además, es flexible para trabajar, inodoro, de fácil manipulación, es reciclable, no tóxico y no contiene compuestos como cloro fluoro-carbonados y no daña la capa de ozono. Al no ser un producto biodegradable, mantiene su inalterabilidad en el tiempo, lo que le permite una larga vida útil. Algunas ventajas del poliestireno expandido son las siguientes:

- Medio ambiente: material inerte, inocuo, durable, 100% reciclable, no daña la capa de ozono, auto extinguido y compatible con el medio ambiente.
- Impermeabilidad: no absorbe ni acumula agua, no altera su conductividad térmica, mantiene su capacidad de aislamiento térmica con el tiempo.
- Comportamiento al fuego: auto extinguido, es decir no propaga llama, contiene agente ignífugo.
- Térmica: alta resistencia térmica por su bajo coeficiente de conductividad térmica.
- Acústica: buen absorbente al ruido de impacto.
- Dimensionamiento y trabajabilidad: existen diversos espesores, además no requiere protección especial para su manipulación.

Aunque no todas sus características son ventajosas, pues en Europa este producto no está permitido,

pues se considera tóxico en la combustión en caso de incendio, por el humo que genera, en Chile, así como en muchos otros países es el más usado en aislamiento de bajo costo.

#### Tableros OSB.

Los tableros LP OSB, son tableros estructurales de madera. Estos son ampliamente utilizados en el mundo en techumbres, muros y pisos, tanto en construcciones habitacionales como comerciales de hasta cuatro pisos. Las notables características de este material lo han hecho además el más escogido en ampliaciones y remodelaciones de viviendas.

Los tableros LP OSB (Oriented Strand Board), son tableros estructurales formados por hojuelas rectangulares de madera, dispuestas en capas perpendicularmente, unas con otras. Como resultado se obtienen tableros libres de nudos, grietas, estables y uniformes, que son fáciles de cortar, clavar o atornillar, utilizando herramientas de uso común. El uso de tableros estructurales para la vivienda ha permitido implementar en Chile el sistema constructivo C.E.A. (Construcción Energética Asísmica), mediante el cual se construye el 95% de las viviendas en países desarrollados como Estados Unidos y Canadá. El sistema consiste en entramados de vigas y pies derechos de madera o metal, estructurados con tableros LP OSB tanto en techumbres, muros y pisos, generando paneles que cuentan con un aislante adecuado, y son revestidos exteriores e interiormente con la terminación escogida.

El uso de tableros OSB en estructuración de muros, permite eliminar cadenas y diagonales generando importantes ahorros de hasta 50% en materiales y mano de obra. Esta excelente posición de costos ha permitido ir reemplazando a los muros de hormigón y albañilería. Algunos datos técnicos del tablero OSB se muestran en la tabla 1.

Tabla 1: Datos técnicos sobre tablero OSB.

Espesor nominal [mm]	Peso [kg]	R total [mK <sup>2</sup> /W]	Permeabilidad
11,1	22,8	0,0890	1,95

Los tableros OSB poseen cierta dificultad en su terminación exterior, aspecto que es resuelto por los fabricantes con tableros compuestos madera-plástico, pero que aumentan significativamente el costo. Si este fuese el caso, podría no ser la única solución posible como revestimiento exterior en viviendas, pero cuando se calcula los costos considerando un tablero como arriostramiento y forro exterior, este tipo de tableros resultan ser los más económicos. Cualquiera sea la solución de forro exterior que se decida, lo importante es asegurar la aislación, estanqueidad al agua y al viento y durabilidad del material. En el caso de emplear OSB, se puede optar por soluciones de pintado y aplicación de estucos elastoméricos u otras como la implementada en este prototipo, en el que se dejó la labor de arriostramiento al tablero OSB y el trabajo de forro exterior al tablero de fibrocemento

#### *Yeso-Cartón.*

La plancha yeso-cartón es una plancha compuesta por un núcleo de yeso y aditivos especiales, revestida en ambas caras por un cartón de alta resistencia de color gris. Se fabrica en diferentes espesores y largos, con borde rebajado.

##### Ventajas:

- Aislamiento acústico. Soluciones para resistencia acústica. Índice de reducción acústica mínima de 45 db (A).
- Fácil de trabajar (cortar, perforar, fijar) y rápida de instalar.
- Producto no combustible, según consta en el certificado del DICTUC N°858881.
- No propaga llama ni produce humo, según consta en el certificado de NGC N°FH-1334-2 (Norma ASTM E-84-01).
- Cumple con Norma Chilena NCh 146/1/2 Of. 2000 "Planchas o Placas de Yeso-Cartón-Parte 1: Requisitos".
- Su gran versatilidad da una total libertad a la hora de diseñar ambientes, logrando combinar estética y confort ambiental.
- Conductividad térmica 0,19W/Mk.

Como característica negativa, este tipo de tableros tiende a quebrarse y requiere de alto cuidado en su manipulación, bajo condiciones de emergencia es recomendable cuando existe industrialización del panel completo, de forma que no se arriesgue el tablero durante el transporte e instalación. A pesar de esta característica, se privilegia su uso por el aporte a la resistencia al fuego que puede entregar.

#### *Fibrocemento.*

El fibrocemento es un material constructivo compuesto por cemento, arena, fibras de celulosa y aditivos especiales, elementos que combinados en un proceso productivo continuo permiten fabricar placas o tinglados, con superficie lisa o texturada (madera, estuco, cuadrículado, etc.), que son ampliamente utilizados en distintas partidas de un proyecto de construcción. Los productos de Fibrocementos Volcán cumplen con la Norma Chilena NCh 186/1 Of. 1986.

#### *Madera Pino radiata (MSD)*

Madera seca de Pino radiata MSD se caracteriza por ser madera secada en cámara (humedad 12% promedio), por ser derecha y estable, por tener excelente retención de fijaciones y por tener valores de resistencia que aseguran eficiencia y seguridad y cepillada cuatro caras. Además, cada pieza MSD lleva un timbre que garantiza el producto asegurando su calidad.

La madera debe ser elegida de acuerdo a las normas vigentes de clasificación visual y estructural de manera de asegurar que esta sea madera derecha, seca, estable y liviana, que permite la retención de fijaciones, excelentes resultados al ser pintada, barnizada o si se requiere perforar, lijar o moldurar. Su selección debe prever el tipo de uso para el cual será destinada, de forma de cumplir con las características de calidad, dimensiones, terminaciones y otras condiciones de riesgo en servicios, tales como necesidad de impregnación con sales preservantes para su uso en pisos, muros o techumbres en aplicaciones estructurales.

Usos: Diseñada como complemento para la construcción, en terminaciones, como centros, tapacanes y en estructuras.

## MÉTODO

Se realiza diversas iteraciones en cuanto al diseño y de las características técnicas distintivas de la VIVIENDA MODULAR AMPLIABLE, acordándose finalmente definir que debe estar provista de tres envolventes (Figura 1): piso, muros y techo cuyo formato está estandarizado a 2,44 m para su fácil y rápido transporte e instalación en obra. Para este caso se consideró una distribución de planta interior bastante desarrollada, pues contempla un estar y dos dormitorios.

A continuación se describe el método constructivo para cada envolvente:

**Muros:** Dimensionados en 1,22 x 2,44 m, cuya estructura la conforman: tabiquería en madera seca estructural de 2 x 3", forro interior en yeso cartón de 10mm, aislamiento interior de poliestireno expandido de 20 mm y forro exterior en fibrocemento de 5 mm, con tratamiento de retardo al fuego.

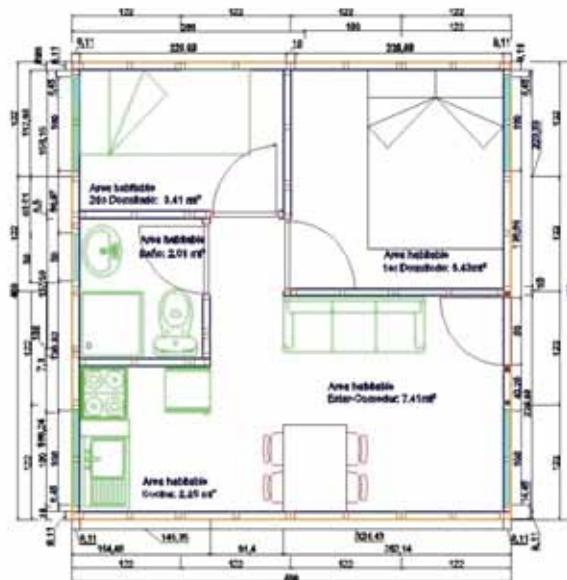
**Piso:** Dimensionado en cuatro módulos de 2,44 x 2,44 m, cuya estructura la conforman madera impregnada con sales CCA de 2 x 6", arriostrada en su parte superior por tablero contrachapado estructural de 18 mm de espesor y aislada en su parte inferior por polietileno.

**Techo:** Fabricado en cerchas tipo "fink", que permite mantener un formato en 2,44 m, cumple requerimientos de resistencia en cargas de vientos, nieve u otros aspectos resistentes

### **Estructura de Piso.**

La estructura de piso tiene un área aproximada de 25 m<sup>2</sup>, está formada por cuatro unidades de igual sección de 6 m<sup>2</sup>. Estas unidades son idénticas entre si, es decir, poseen la misma conformación. Son ensambladas mediante pernos, dando origen a la sección básica de piso.

Cada unidad se compone de vigas principales, vigas secundarias y cadenas, todo de madera de *Pinus radiata* D. Don debidamente impregnada como corresponde cuando las condiciones ambientales son favorables para el desarrollo de pudrición u otro tipo



**Figura 1. Vista de planta módulo de vivienda ampliable.**

de deterioro en estructuras permanentes (Nch 1198 of. 1991). Esta impregnación se realizó con sales CCA, preservante hidrosoluble a base de sales de diferentes metales, cuya retención es de 6,4 kg/m<sup>3</sup> como se indica en la NCh 819 según su uso y riesgo de lugar de servicio. (R4: Maderas enterradas o apoyadas en el terreno, con posibilidades de contacto esporádico con agua dulce. Riesgo de ataque de hongos de pudrición e insectos).

Se dispone de 16 vigas principales de escuadría 2 x 6 in y un largo de 2,39 m. Con cuatro de estas vigas se arma un cajón o unidad de dimensiones 2,44 m x 2,44 m, esto se logra mediante la fijación mecánica con clavos. La función de estas vigas es soportar el apoyo de otros elementos estructurales directa o indirectamente, es decir soporta el conjunto del sistema y transmite las cargas a la fundación (Figura 2).

Las vigas secundarias tienen dimensiones de 2 x 4 in y largo 2,34 m. Se dispone de 12 viguetas, que se instalarán tres por unidad o cajón, a un distanciamiento promedio de 55 cm. Estas viguetas son clavadas a las vigas maestras, la función es de soportar las sobrecargas del primer nivel y, además, de recibir el tablero estructural base de la solución de piso. En este caso se utilizó un tablero contrachapado de 18 mm de

espesor, y dimensiones 1,22 m x 2,44 m. Este tablero también cumple una función arriostrante, es decir le otorga rigidez a la estructura. Importante nombrar que el tablero cumple con lo solicitado por el fabricante que, al ser instalado como solución de piso, las vigas del entramado no estén distanciadas más de 61 cm para el espesor de 18 mm.

Vale recordar que las cadenetas son elementos que se ubican perpendicularmente entre las vigas, permitiendo repartir las cargas y sobrecargas. Evitan las deformaciones laterales, volcamientos y posibles alabeos de las mismas. Permiten, además, materializar un apoyo sólido para los tableros orientados ortogonalmente a la dirección de las vigas.

En este caso cada unidad o cajón está formada por 12 cadenetas (tres cadenetas entre vigas), las cuales poseen dimensiones 2 x 6 in y largo promedio de 55 cm. Se fijan mediante clavos. Una vez armadas las cuatro unidades básicas del piso, es decir, ensambladas vigas maestras, vigas secundarias, cadenetas, se procede a aplicar la cobertura con los tableros contrachapados estructurales. Finalmente, se unen las cuatro secciones mediante pernos, dando origen al piso de la vivienda. Importante en este paso que quede completamente cuadrada las estructuras para una óptima repartición de cargas en la base y su transmisión a la fundación sea óptima.

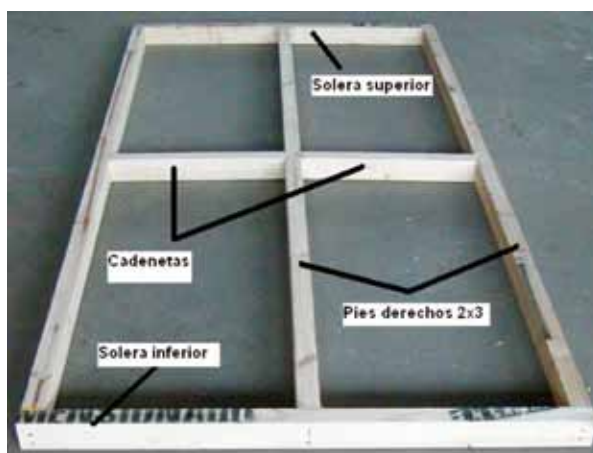
Como barrera de humedad y aislante térmico se dispone de poliestireno expandido de densidad 10 kg/m<sup>3</sup> y espesor 88 mm, cumpliendo lo exigido para la zona tres por la OGUC en su artículo 4.1.10.

### **Estructura de Muros.**

El sistema de muros exteriores (Figura 3) se basa en 16 paneles formados cada uno por un bastidor de madera de Pino Radiata de escuadría 2 x 3 in GS, además de poseer un tablero estructural OSB 11,1 mm espesor, de revestimiento exterior se utilizó un tablero fibrocemento 5 mm y de revestimiento interior se utilizó una plancha de yeso-cartón 10 mm de espesor. Como material aislante térmico y barrera de humedad se utilizó poliestireno expandido 20 mm y densidad 10 kg/m<sup>3</sup>, tal cual como lo recomienda su fabricante para zona térmica tres.



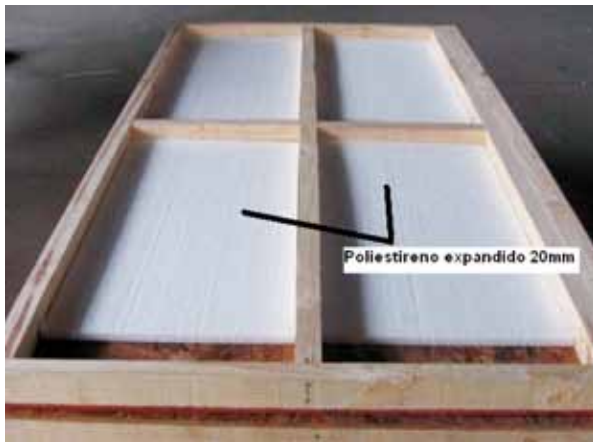
**Figura 2. Estructura de piso, compuesta de vigas de 2 x 6'' impregnadas con sales CCA y contrachapados estructurales de 18 mm**



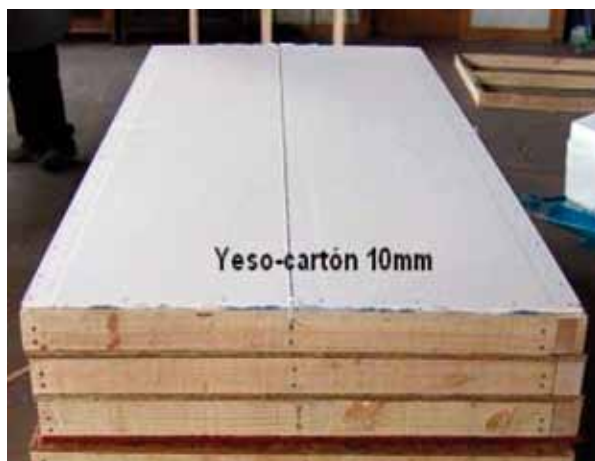
**Figura 3. Bastidor de madera de Pino Radiata escuadría 2 x 3 in GS.**



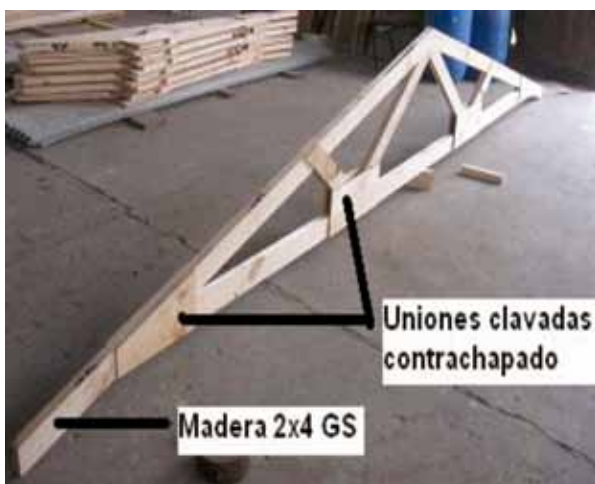
**Figura 4. Ensamble bastidor de madera a tablero arriostrante OSB.**



**Figura 5. Barrera de aislamiento Poliéstireno expandido.**



**Figura 6. Revestimiento interior de yeso-cartón.**



**Figura 7. Techumbre compuesta por cerchas o techumbre fría.**

En la Figura 3 se puede apreciar la estructura de un bastidor, que esta conformado por pies derechos, cabezal superior e inferior, además de cadenas. Todo elaborado de madera de Pino Radiata 2 x 3 in GS y unidas mediante uniones mecánicas de clavos de longitud 4 in.

En la figura 4 se puede ver el ensamble del bastidor de madera con el tablero OSB que cumple una función estructural, además arriostrante, es decir, soporta cargas verticales y horizontales respectivamente.

Una vez montado el tablero OSB, se procede a instalar el aislante térmico y barrera de humedad de poliestireno expandido de 20 mm de espesor y densidad 10 kg/m<sup>3</sup> según lo recomendado por su fabricante para la zona de uso, que en este caso corresponde a la zona numero tres.

En la Figura 5 se aprecia la disposición y fijación del poliestireno expandido.

Luego se colocó una plancha de yeso-cartón de 10 mm de espesor como revestimiento interior, además esta plancha de ser una solución de terminación interior, posee características de retardante de llama. (Figura 6).

Finalmente el panel es recubierto exteriormente con una placa de fibrocemento de 5 mm de espesor.

### **Estructura de Techo**

Según la Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones, la techumbre corresponde a la componente de una edificación que comprende desde el cielo del recinto más elevado hasta la cubierta.

La función de la techumbre es la de aislar a la vivienda del medio ambiente, protegiéndola del frío, calor, viento, lluvia y/o nieve.

La estructura de techo está formada por seis cerchas de tipo Fink distanciadas a 0,98 m, estas cerchas son ideales para soportar estructuras livianas y salvar luces pequeñas.

Como solución de techo se utilizo planchas de zinc que es una delgada lámina de acero, recubierta en sus dos caras por una aleación protectora de aluminio

y zinc. Como aislante o barrera térmica y humedad se utilizó poliestireno expandido de 80 mm espesor y densidad 10 kg/m<sup>3</sup>, según lo recomendado por su fabricante para la zona tres, finalmente como solución de cielo se aplicó una placa de yeso cartón de 10 mm de espesor.

Las cerchas están elaboradas de madera de Pino radiata MSD de escuadría 2 x 4 in y sus uniones se llevan a cabo por medio de tableros contrachapados con clavos.

Las cerchas fueron diseñadas según NCh 1537. of1986. (Figura. 7).

## RESULTADOS

Esta vivienda modular (Figura 8) ofrece importantes aspectos técnicos resueltos por ingenieros especialistas en madera y tableros y de diseño resuelto por arquitectos.

Está pensada para resolver como vivienda de emergencia con un módulo de 24 m<sup>2</sup>, que posee calidad para uso permanente, el mismo sistema constructivo aporta la solución de la ampliación.

Aislamiento térmico y acústico, Durabilidad, Retardo al fuego, Ventilación, Iluminación Habitabilidad de acuerdo a los requerimientos en la normativa vigente en el país.

Distribución del espacio interior resuelto por destacados arquitectos, por lo que cada espacio, aunque pequeño está ajustado a normativas vigentes.

Por lo anterior, satisface requerimientos de viviendas sociales del MINVU, ya que es ampliable fácilmente por autoconstrucción, por lo que responde a una solución de emergencia, pero con el propósito de aportar a una solución con estándares adecuados de habitabilidad.

Adicionalmente, cada panel podría comercializarse en forma independiente, como panel puerta, panel ventana y panel sólido, para interiores o exteriores.

En cuanto a los costos involucrados en este prototipo, no pueden ser extrapolados a escala industrial, ni tampoco bajo otras condiciones en el territorio nacional. Dicho lo anterior, este prototipo fue fabricado a un costo de 1,5 millones de pesos, lo que incluye todos los materiales descritos, no así mano de obra ni costos de transporte, instalaciones sanitarias o eléctricas. Lo anterior puede ser un indicador del valor real de una vivienda que persiga como propósito brindar una adecuada habitabilidad para sus moradores, cosa que no ocurre actualmente con las mediaguas, las que requieren de múltiples acondicionamientos posteriores para poder ser habitadas.



Figura 8. Módulo de Vivienda de emergencia

# Qualimad

by cmpc

- ▶ Secado en Cámara
- ▶ Dimensiones estables y homogéneas
- ▶ Calidad Uniforme y consistente
- ▶ Proviene de bosques certificados



Estructural



Cepillado



Dimensionado



Revestimiento

[www.cmpcmaderas.com](http://www.cmpcmaderas.com)

## GLOSARIO

- Aislación térmica: es la capacidad de oposición al paso de calor de un material o conjunto de materiales, y que en construcción se refiere esencialmente al intercambio de energía calórica entre el ambiente interior y el exterior.
- Arriostramiento: es la acción de rigidizar o estabilizar una estructura mediante el uso de elementos que impidan el desplazamiento o deformación de la misma, vale decir función de amarre que cumple el tablero estructural en el tabique perimetral, resistiendo los movimientos verticales, horizontales y diagonales del tabique.
- Barrera de vapor: lámina o capa que presenta una resistencia a la difusión del vapor de agua comprendida entre 10 y 230 MN s/g.
- Barrera de humedad: lámina o capa que tiene la propiedad de impedir el paso de agua a través del mismo.
- Clasificación de las construcciones: según el Artículo 5.3.1 para los efectos de esta Ordenanza, conforme a los materiales predominantes a emplear y al tipo de estructura, en los edificios se distinguirán las siguientes clases de construcción:
  - Clase A: Construcciones con estructura soportante de acero. Entrepisos de perfiles de acero o losas de hormigón armado.
  - Clase B: Construcciones con estructura soportante de hormigón armado o con estructura mixta de acero con hormigón armado. Entrepisos de losas de hormigón armado.
  - Clase C: Construcciones con muros soportantes de albañilería de ladrillo confinado entre pilares y cadenas de hormigón armado. Entrepisos de losas de hormigón armado o entramados de madera.
  - Clase D: Construcciones con muros soportantes de albañilería de bloques o de piedra, confinados

entre pilares y cadenas de hormigón armado. Entrepisos de losas de hormigón armado o entramados de madera.

- Clase E: Construcciones con estructura soportante de madera. Paneles de madera, de fibrocemento, de yeso cartón o similares, incluidas las tabiquerías de adobe. Entrepisos de madera.
- Clase F: Construcciones de adobe, tierra cemento u otros materiales livianos aglomerados con cemento. Entrepisos de madera.
- Clase G: Construcciones prefabricadas con estructura metálica. Paneles de madera, prefabricados de hormigón, yeso cartón o similares.
- Clase H: Construcciones prefabricadas de madera. Paneles de madera, yeso cartón, fibrocemento o similares.
- Clase I: Construcciones de placas o paneles prefabricados. Paneles de hormigón liviano, fibrocemento o paneles de poliestireno entre malla de acero para recibir mortero proyectado.
- Complejo de techumbre: conjunto de elementos constructivos que conforman una techumbre, tales como: cielo, cubierta, aislante térmico, cadenas y vigas.
- Complejo de muro: conjunto de elementos constructivos que conforman el muro y cuyo plano de terminación interior tiene una inclinación de más de 60° sexagesimales, medidos desde la horizontal.
- Complejo de piso ventilado: conjunto de elementos constructivos que conforman el piso que no están en contacto directo con el terreno.
- Complejo de ventana: conjunto de elementos constructivos que constituyen los vanos vidriados de la envolvente de la vivienda.
- Conductividad térmica,  $\lambda$ : cantidad de calor que en condiciones estacionarias pasa en la unidad de tiempo a través de la unidad de área de una muestra de material homogéneo de extensión infinita, de caras planas y paralelas y de espesor unitario, cuando se establece una diferencia de

temperatura unitaria entre sus caras. Se expresa en W/mK. Se determina experimentalmente según la norma NCh 850 o NCh 851.

- Envolvente térmica de un edificio: serie de elementos constructivos a través de los cuales se produce el flujo térmico entre el ambiente interior y el ambiente exterior del edificio. Está constituida básicamente por los complejos de techumbre, muros, pisos y ventanas.
- Grados/día: en un período de un día, es la diferencia entre la temperatura fijada como "base", y la media diaria de las temperaturas bajo la temperatura de base, igualando a la "base" aquellas superiores a ésta. Dependiendo del período de tiempo utilizado, se puede hablar de grados/día, grados/hora, grados/año, etc.
- Pérdidas por renovaciones de aire: pérdida de calor de un espacio interior que se produce por efecto de la renovación de aire.
- Puente térmico: parte de un cerramiento con resistencia térmica inferior al resto del mismo, lo que aumenta la posibilidad de producción de condensaciones y pérdidas de calor en esa zona en invierno.
- R 100: Según la norma NCh 2251 es la resistencia térmica que presenta un material o elemento de construcción, multiplicado por 100.
- Resistencia al Fuego: es la cualidad de un elemento de construcción de soportar las condiciones de un incendio sin menoscabo de su función estructural y evitando que el incendio se transmita hacia el recinto contiguo al que el elemento separa.
- Esta cualidad se mide por el tiempo durante el cual el elemento conserva la estabilidad mecánica, la estanquidad a las llamas, el aislamiento térmico y la no emisión de gases inflamables.
- Resistencia térmica, R: oposición al paso del calor que presentan los elementos de construcción. Se pueden distinguir los siguientes casos:
- Resistencia térmica de una capa material, R: para una capa de caras planas y paralelas de espesor  $e$ , conformado por un material homogéneo de



conductividad térmica  $\lambda$ , la resistencia térmica,  $R$ , queda dada por:  $R = e / \lambda$ , y se expresa en  $m^2K/W$ .

- Resistencia térmica total de un elemento compuesto,  $RT$ : inverso de la transmitancia térmica del elemento. Suma de las resistencias de cada capa del elemento:  $RT = 1/U$ , y se expresa en  $m^2K/W$ .
- Resistencia térmica de una cámara de aire no ventilada,  $R_g$ : resistencia térmica que presenta una masa de aire confinado (cámara de aire). Se determina experimentalmente por medio de la norma NCh 851 y se expresa en  $m^2K/W$ .
- Resistencia térmica de superficie,  $R_s$ : inverso del coeficiente superficial de transferencia térmica  $h$ , es decir:  $R_s = 1/h$ , y se expresa en  $m^2K/W$ .
- En el caso de un elemento compuesto por dos capas de distintos materiales con resistencias térmicas  $R_i$  y  $R_e$ , y con una cámara de aire no ventilada con resistencia térmica  $R_g$ , la resistencia térmica total será:  $RT = R_{si} + R_i + R_g + R_e + R_{se}$ . Donde  $R_{si}$  corresponde a la resistencia térmica de superficie al interior y  $R_{se}$  a la resistencia térmica de superficie al exterior.
- Resistencia térmica total de elementos compuestos por varias capas homogéneas,  $RT$ : para un elemento formado por una serie de capas o placas planas y paralelas de materiales distintos en contacto entre sí, la resistencia térmica total, queda dada por:

$$RT = 1/U = R_{si} + e/\lambda + R_{se} \quad (1)$$

Donde:  $\lambda$  = sumatoria de las resistencias térmicas de las capas que conforman el elemento. Esta resistencia térmica total,  $RT$ , se expresa en  $m^2 K/W$ .

- Temperatura base: es la temperatura que se fija como parámetro para el cálculo de confort o requerimientos de calefacción.
- Transmitancia térmica,  $U$ : flujo de calor que pasa por unidad de superficie del elemento y por grado de diferencia de temperatura entre los dos ambientes separados por dicho elemento. Corresponde al inverso de la resistencia térmica total  $RT$  de un elemento y se expresa en  $W/m^2K$ . Se determina experimentalmente según la norma NCh 851 o bien por cálculo como se señala en la norma NCh 853.
- Vivienda económica: la que se construye en conformidad a las disposiciones del D.F.L. N° 2, de 1959; las construidas por las ex Corporaciones de la Vivienda, de Servicios Habitacionales y de Mejoramiento Urbano y por los Servicios de Vivienda y Urbanización y los edificios ya construidos que al ser rehabilitados o remodelados se transformen en viviendas, en todos los casos siempre que la superficie edificada no supere los  $140 m^2$  y reúna los requisitos, características y condiciones que se fijan en el presente Título.
- Vivienda Social: la vivienda económica de carácter definitivo, cuyas características técnicas se señalan en este título, cuyo valor de tasación no sea superior a 400 unidades de fomento, salvo que se trate de condominios de viviendas sociales en cuyo caso podrá incrementarse dicho valor hasta en un 30%.
- Vivienda progresiva: la definida en el D.S. N° 140, del Ministerio de Vivienda y Urbanismo, de 1990.

## BIBLIOGRAFÍA

- CENTRO DE TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA DE LA MADERA DE LA CORPORACIÓN CHILENA DE LA MADERA (2008b) Seminario: Futuro de la impregnación de Pino Radiata en Chile. [En línea]. < <http://www.cttmadera.cl/wp-content/uploads/2008/01/seminario-8-enero-08.pdf>>. [Consulta: 12 de agosto de 2008].
- COLONELLI, P., RODRÍGUEZ, G. (2004) Características acústicas de viviendas sociales urbanas. Proyecto Fondef D0011039 Bienestar habitacional. Fundación Chile. Santiago, Chile. 75 p.
- CORPORACIÓN CHILENA DE LA MADERA (2007) Mailing Ejecutivo / Construcción en madera crecimiento sobre bases sólidas.[En línea]. [14 de agosto de 2007].[http://www.corma.cl/portal/menu/publicaciones/mailling\\_ejecutivo/contruccion\\_madera](http://www.corma.cl/portal/menu/publicaciones/mailling_ejecutivo/contruccion_madera)
- FUNDACIÓN CHILE. (2000) Memoria descriptiva Sistema Constructivo Modular Industrializado de viviendas. Santiago, Chile. 10 p.
- FUNDACIÓN CHILE, UNIVERSIDAD DE CHILE, UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARIA Y CORPORACIÓN DE DESARROLLO TECNOLÓGICO DE LA CÁMARA CHILENA DE LA CONSTRUCCIÓN. (2004) Bienestar Habitacional. Guía de Diseño para un Hábitat Residencial Sustentable. Santiago, Chile. 123 p.
- GAETE, C. (1993) Estudio de un sistema prefabricado en madera destinado a la vivienda económica. Memoria para optar al título de Ingeniero Civil. Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de Chile. Santiago, Chile. 256 p.
- GALDAMES, S. (2001) Física de la construcción de una vivienda industrializada estructurada en madera. Memoria para optar al título de Ingeniero Civil. Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de Chile. Santiago, Chile. 82 p.
- INSTITUTO DE LA VIVIENDA (2008) Glosario del hábitat residencial. [En línea]. <<http://www.planregional.cl/info/default.asp?a=12&op=0&idinfo=27&idseccion=2>>. [23 de julio de 2008].
- MINISTERIO DE VIVIENDA Y URBANISMO (2007b) Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones. Santiago, Chile.
- MINISTERIO DE VIVIENDA Y URBANISMO (2008) Listado Oficial de Soluciones Constructivas para aislamiento acústico. Edición 007. Santiago, Chile.
- MINISTERIO DE VIVIENDA Y URBANISMO; INSTITUTO DE LA CONSTRUCCIÓN. (2006) Manual de aplicación reglamentación térmica: Ordenanza General de Urbanismo y construcciones artículo 4.1.10. Primera edición. Editorial Edicolor. Santiago, Chile. 54 p.
- MINISTERIO DE VIVIENDA Y URBANISMO (2004) El déficit habitacional en Chile: medición de los requerimientos de vivienda y su distribución espacial. Santiago, Chile. MINISTERIO DE VIVIENDA Y URBANISMO (MINVU). 2007a. Fondo Solidario de vivienda. [En línea]. <<http://www.minvu.cl>>.[3 de agosto 2007]



Responsables por Naturaleza



# Productos que son parte de la Naturaleza

Ahora nuestra línea de tableros Masisa posee la certificación FSC™

Productos a pedido. Excepto tableros enchapados.



Todos los tableros Masisa tienen aprobada su certificación FSC™ Cadena de Custodia, los que se suman a la certificación anterior para los productos molduras y puertas.

La certificación FSC™ de manejo forestal responsable, es el inicio de un sistema de trabajo que permite acceder a nuevos clientes y mercados. Esta nueva certificación de Masisa es un aporte más a las construcciones sustentables.

La marca del manejo forestal responsable



**MASISA**  
más confianza

