

Volumen 14 N° 1
Abril 2008

ISSN 0718 - 4530 Versión impresa
ISSN 0718 - 4646 Versión en línea

CIENCIA E INVESTIGACION FORESTAL



INSTITUTO FORESTAL
CHILE



INFOR

ISSN 0718 - 4530 Versión impresa
ISSN 0718 - 4646 Versión en línea

VOLUMEN 14 N° 1

**CIENCIA E
INVESTIGACION
FORESTAL**

ABRIL 2008

Propiedad Intelectual
Registro N° 173540

RELACIONES INTERNACIONALES Y COMUNICACIONES INFOR

**INSTITUTO FORESTAL
CHILE**



CIENCIA E INVESTIGACION FORESTAL es una revista científica, arbitrada, periódica y seriada del Instituto Forestal, Chile, que es publicada en abril, agosto y diciembre de cada año.

Directora	Marta Abalos Romero	INFOR	Chile
Editor	Santiago Barros Asenjo	INFOR – IUFRO	Chile
Consejo Editor	Sandra Perret Durán	INFOR La Serena	Chile
	Norberto Parra Hidalgo	INFOR Santiago	Chile
	Braulio Gutiérrez Caro	INFOR Concepción	Chile
	Jorge Cabrera Perramón	INFOR Valdivia	Chile
	Paulo Moreno Meynard	INFOR Coyhaique	Chile
Comité Editor	José Bava	CIEFAP	Argentina
	Leonardo Gallo	INTA	Argentina
	Mónica Gabay	SAYDS	Argentina
	Heinrich Schmutzhenhofer	IUFRO	Austria
	Marcos Drumond	EMBRAPA	Brasil
	Sebastiao Machado	UFPR	Brasil
	Antonio Vita	UCH	Chile
	Juan Gastó	UC	Chile
	Miguel Espinosa	UDEC	Chile
	Sergio Donoso	UCH	Chile
	Vicente Pérez	USACH	Chile
	Camilo Aldana	CONIF	Colombia
	Glenn Galloway	CATIE	Costa Rica
	José Joaquín Campos	CATIE	Costa Rica
	Ynocente Betancourt	UPR	Cuba
	Carla Cárdenas	MINAMBIENTE – IUFRO	Ecuador
	Alejandro López de Roma	INIA	España
	Isabel Cañelas	INIA - IUFRO	España
	Gerardo Mery	METLA - IUFRO	Finlandia
	Markku Kanninen	CIFOR	Indonesia
	José Antonio Prado	FAO	Italia
	Concepción Lujan	UACH	México
	Oscar Aguirre	UANL	México
	Margarida Tomé	UTL - IUFRO	Portugal
	Zohra Bennadji	INIA - IUFRO	Uruguay
	Florencia Montagnini	U Yale - IUFRO	USA
	John Parrotta	USDAFS - IUFRO	USA
	Osvaldo Encinas	ULA	Venezuela
Dirección	Instituto Forestal Sucre 2397 - Casilla 3085 - Santiago, Chile Fono 56 2 3667100 Fax 56 2 2747264 Correo electrónico sbarros@infor.gob.cl		

Valor suscripción anual (tres números y eventualmente uno extraordinario): ch \$ 45.000 y 20.000 para estudiantes. Para el extranjero US \$ 90 y 40 para estudiantes, más costo envío. Valor números individuales ch \$ 20.000 y 10.000 y US \$ 40 y 20, en igual orden). La Revista no se responsabiliza por los conceptos, afirmaciones u opiniones vertidas por los autores de las contribuciones publicadas. Se autoriza la reproducción parcial de la información contenida en la publicación, sin previa consulta, siempre que se cite como fuente a Ciencia e Investigación Forestal, INFOR, Chile.

EFFECTOS DEL APROVECHAMIENTO SOBRE LA ESTABILIDAD DE LOS BOSQUES DE LENGA (*Nothofagus pumilio*) EN TIERRA DEL FUEGO

José Omar Bava¹ y Pablo López Bernal²

RESUMEN

Actualmente se plantea manejar los bosques de lenga de Tierra del Fuego con cortas de selección en grupos. Sin embargo, este tipo de manejo, que basa su éxito en la recuperación del volumen maderable a partir de los árboles remanentes, podría fracasar si el rodal sufre excesivos daños posteriores a la corta. Por ello se analizó el porcentaje de pérdidas (por caídas o mortalidad) posteriores al aprovechamiento en 60 parcelas de distintas estructuras y calidades de sitio, donde se estimaron los parámetros del bosque al momento de la corta y la intensidad de la misma, en términos de volumen maderable y porcentaje del área basal (AB) original extraída. No se hallaron correlaciones significativas entre la intensidad de corta y los efectos adversos en el rodal remanente. Si bien las pérdidas post-aprovechamiento varían considerablemente entre parcelas (10 a 60% del AB original), esta variación no muestra ninguna tendencia respecto del porcentaje del AB original que se extrajo durante la primera intervención. La magnitud de los daños tampoco parece estar relacionada con la calidad de sitio del rodal. Sin embargo, al considerar la estructura que presentaba el bosque originalmente, se observa que los bosques irregulares presentan daños significativamente menores que los regulares y los biestratificados ($p < 0,05$). Esto estaría indicando que este tipo de estructuras soporta mejor los embates del viento, probablemente debido a que conserva de mejor manera su estabilidad colectiva al quedar en pie individuos pertenecientes a todos los estratos, y una mayor frecuencia de individuos que han crecido con bajos índices de competencia y soportando los efectos del viento de manera más solitaria.

Palabras clave: *Nothofagus pumilio*, aprovechamiento, estabilidad, estructura.

¹ Centro de Investigación y Extensión Forestal Andino Patagónico (CIEFAP), Argentina. jbava@ciefap.org.ar

² Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), Argentina.

EFFECTS OF HARVEST ON THE STABILITY OF LENGA FORESTS IN TIERRA DEL FUEGO

SUMMARY

At present the group selection cutting system is proposed as an alternative for the management of lenga forests in Tierra del Fuego, Argentina. Nevertheless, this type of management, that bases its success on yield recovery of timber volume from the remaining trees, could fail if the stand suffers excessive damages after harvest. Therefore the percentage of losses (by falls or mortality) after harvest was analyzed in 60 plots throughout different forest structures and site qualities. Forest parameters of the original stand and the harvest intensity in terms of volume and percentage of the original BA were estimated. Non significant correlation among the harvest intensity and adverse effects in the remaining stand were found. Although the after harvest losses vary considerably among plots (between 10 and 60% of original BA), this variation does not show any tendency regarding the percentage of the original AB that was harvested during the first intervention. The magnitude of the damages does not seem to be related to stand site quality either. Nevertheless, considering the original stand structure, uneven-aged stands present significantly smaller damages than even-aged ones and two stratified stands ($p < 0,05$). This would indicate that this type of structures bear the wind better. That's probably due to the fact that trees belonging to all the strata remain in the stand and between them a major frequency of trees grown under low competence levels that supported the wind effects alone.

Key words: *Nothofagus pumilio*, harvest, stability, structure.

INTRODUCCIÓN

Argentina dispone de casi 300.000 hectáreas de bosques productivos de lenga (*Nothofagus pumilio* (Poepp. et Endl.) Krasser), que se concentran en las provincias de Chubut y Tierra del Fuego (Dirección de Bosques Prov. De Tierra del Fuego, 1999; Collado, 2001; Antequera, 2002). Estos bosques sustentan una gran parte de la actividad industrial forestal de la zona andino-patagónica, y la madera de esta especie ha encontrado aceptación en mercados nacionales e internacionales (Jovanosvski *et al.*, 2003).

La incidencia de pudriciones blancas y castañas en los fustes es una característica de los bosques de lenga que determina que sólo una proporción relativamente pequeña de los árboles contenga rollizos aserrables de buena calidad (Cwielong y Rajchemberg, 1995). Por este motivo, y por la falta de políticas de control, el aprovechamiento de los bosques de lenga en Argentina se ha caracterizado hasta el presente por una extracción selectiva de los mejores árboles del rodal, práctica denominada "floreo", con cortas más intensas en los bosques de mejor calidad productiva (generalmente en Tierra del Fuego) (Bava *et al.*, 2005), provocando un empobrecimiento de los rodales aprovechados. Para revertir esta situación, es indispensable utilizar técnicas de manejo que aseguren la sustentabilidad de los bosques de lenga tanto en Chubut como en Tierra del Fuego.

Una manera de decidir entre diferentes alternativas de manejo es optar por aquellas que más se corresponden con la dinámica natural de la especie. En el caso de la lenga, se ha reportado la ocurrencia de dinámica de claros (Veblen, 1989(a); 1989(b); Rebertus y Veblen, 1993; Veblen *et al.*, 1995; Bava, 1999), que origina bosques irregulares y la ocurrencia de disturbios masivos, que originan rodales regulares (Veblen *et al.*, 1996; Rebertus *et al.*, 1997; Bava, 1999). Es decir que desde el punto de vista biológico, el bosque de lenga podría ser manejado con éxito como bosque regular, a través de cortas de protección, o como bosque irregular a través de cortas de selección, dependiendo de las condiciones locales.

Al manejar el bosque a través de cortas de selección en grupos, se establecen unidades de regeneración a partir de la corta de varios árboles, incluyendo a los árboles aserrables de diámetros intermedios (Bava, 1999; Antequera, 2002; López Bernal *et al.*, 2003; Bava y López Bernal, 2005; Bava y López Bernal, en prensa(a)). La regeneración que se establece en los claros generados, junto con los individuos jóvenes con potencial maderable que quedan en pie luego de la corta, serán los encargados de proveer de madera en los próximos ciclos de rotación, por lo que constituyen la base para la sustentabilidad del sistema.

Los rodales intervenidos se ven afectados en su estabilidad, de manera diferente según la estructura original, la topografía y el tipo de intervención (Burschel y Huss, 1997; Smith *et al.*, 1997). Este debilitamiento provoca la caída de árboles con posterioridad al aprovechamiento, fenómeno que puede afectar seriamente la calidad del rodal remanente. En Tierra del Fuego los derrumbes por viento se producen aún en los bosques vírgenes, lo que plantea una duda lógica sobre la posibilidad real de implementación de este sistema. Para avanzar en el conocimiento sobre la estabilidad de los bosques fueguinos sometidos a aprovechamiento se cuantificaron las pérdidas por mortalidad y caída de árboles que se producen en los bosques aprovechados analizando rodales intervenidos con distintas intensidades de corta, con distintas estructuras iniciales y en distintas calidades de sitio.

MATERIAL Y MÉTODOS

Área de Estudio

Se seleccionaron 29 rodales de la comarca del Lago Fagnano que fueron aprovechados (intervenidos con cosecha) entre los años 1963 y 1988, y que no fueron afectados por cortas posteriores ("rehaches"). Las áreas recorridas se ubicaron sobre la margen Sur del Lago Fagnano, al Suroeste del Lago Yehuín y al Oeste de la localidad de Tolhuín (Figura N° 1) e incluyeron los cuarteles forestales Río Milna, Arroyo Chico, Río Valdés, Aguas Blancas y Río Turbio y los bosques ubicados en las estancias Carmen y María Cristina.

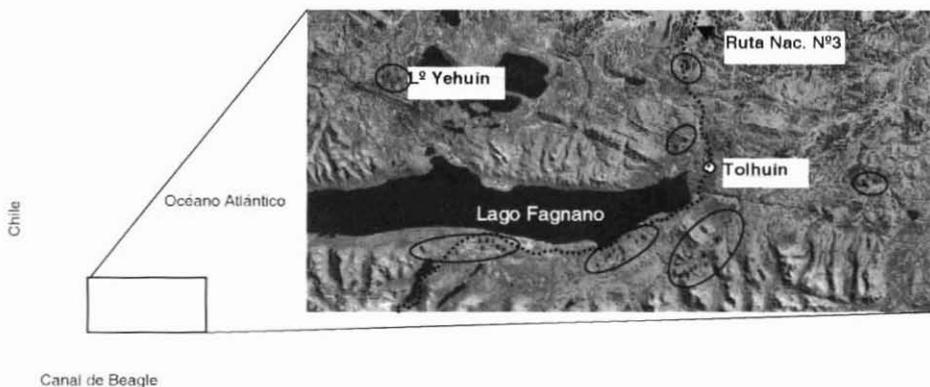


Figura N° 1
UBICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO (IZQ.) Y LAS PARCELAS DE MUESTREO (DER.) EN LA PROVINCIA DE TIERRA DEL FUEGO.

Diseño de Muestreo

Sobre cada rodal se instaló un promedio de dos parcelas cuadrangulares de 2.500 m² de superficie, totalizando 60 parcelas de medición. Las mismas fueron distribuidas de forma tal, que se repartieran en cuatro partes aproximadamente iguales entre las clases de antigüedad de los bosques intervenidos, situación definida a partir de las estadísticas disponibles en la Dirección de Bosques de la Provincia de Tierra del Fuego. Dichas clases de antigüedad tuvieron un rango de 5 años cada una y fueron desde 1987 (15 años de antigüedad) hasta 1968 (35 años de antigüedad).

Caracterización de los Rodales Analizados

En primer lugar se determinó la distribución actual de frecuencias diamétricas del bosque mediante la medición del diámetro a la altura del pecho (DAP) de todos los árboles en pie de la parcela (se consideró como árboles a los individuos con DAP mayor a 10 cm).

En segundo lugar se estimó la distribución de frecuencias diamétricas en el momento anterior a la corta. Para ello se realizó una reconstrucción del DAP de todos los individuos

mediante tres procedimientos distintos:

Plantas actualmente en pié: Para determinar el DAP que tenían los individuos actualmente en pié en el momento en que se realizó el aprovechamiento, se le descontó a la medida actual el crecimiento del período posterior a la intervención.

Plantas caídas luego del aprovechamiento: Se utilizó directamente el DAP medido sobre dichas plantas.

Tocones de aprovechamiento: Se midió el diámetro (D) y la altura (H) de todos los tocones de aprovechamiento hallados dentro de la parcela y luego se utilizó la función (1), utilizada por Bava y López Bernal (en prensa (b)), para estimar el DAP del individuo apeado en función de esas dos variables.

$$(1) \quad DAP = 13,41846 + 0,76767 \times D - 15,17958 \times \left(\frac{130 - H}{130} \right)^{1,5}$$

Una vez obtenidas las distribuciones de frecuencias diamétricas que presentaba el bosque antes de ser intervenido se agruparon las parcelas de muestreo en 5 tipos de estructura:

Irregular: Las frecuencias diamétricas se distribuyen como una J invertida.

Irregular sobremaduro: Similar al del caso anterior, pero con una disminución en las frecuencias de las clases inferiores.

Latizal-fustal: Distribución bimodal, con un máximo en las clases inferiores y otro en las medias.

Oquedal-fustal: Distribución bimodal, con un máximo en las clases superiores y otro en las medias.

Fustal: Estructura regular, con un solo máximo en las clases intermedias.

Adicionalmente, se estimó la calidad de sitio de cada parcela a través de la altura dominante del rodal, calculada como el promedio de las cinco plantas con mayor DAP de la parcela. Utilizando la altura dominante del rodal se obtuvo una estimación del Índice de Sitio (IS_{50}) propuesto por Martínez Pastur *et al.* (1997).

Caracterización de las Intervenciones Observadas

Para cada parcela se estimó la antigüedad de la corta y la intensidad de la misma. La antigüedad de los aprovechamientos se determinó de dos formas: (i) usando los datos de la Dirección de Bosques de la Provincia de Tierra del Fuego y (ii) registrando en cada

parcela información de edad de renovales dominantes ubicados en claros abiertos durante la intervención, datos de edad de cicatrices de aprovechamiento y muestras de crecimiento de individuos jóvenes, para determinar el momento en que se produjo la liberación del rodal remanente. El valor final se determinó analizando la calidad de la información disponible para cada parcela.

La intensidad de la corta se calculó en términos absolutos (en m³/ha de madera aserrable extraída) y en términos relativos como el porcentaje del área basal (AB) original que fue extraído durante el aprovechamiento. Para el cálculo del volumen maderable se consideraron sólo individuos mayores a 30 cm de DAP, mientras que el AB extraída incluyó a todos los individuos apeados, incluyendo aquellos que por tener un DAP menor a 30 cm no fueron considerados maderables. Para determinados cálculos, el porcentaje del AB extraída fue agrupado en tres categorías: (i) Intensidad de corta fuerte (mayor al 30 % del AB), (ii) *moderada* (entre el 30 % y el 15 % del AB) y (iii) *suave* (menor al 15% del AB). Los límites de estas categorías se definieron arbitrariamente considerando el valor máximo de extracción propuesto para una corta de selección en grupo, que fue fijado en el 30 % del área basal (Bava y López Bernal, 2005). La cubicación se realizó mediante la función (2) de volumen total con corteza (VT) elaborada por Schmidh y Caldenty (1994) y la función (3) de volumen maderable sin corteza (VMSC) elaborada por Stoessel (2000).

$$(2) \quad VT = e^{\left(-9,66233 + 2,064678 \times \ln DAP + 0,728972 \times \ln H + \frac{(0,11828)^2}{2} \right)}$$

$$(3) \quad VMSC = 0,0014481 \cdot DAP^{1,82717459} \cdot IS^{0,28781921}$$

Daños Posteriores al Aprovechamiento

Los daños posteriores al aprovechamiento fueron evaluados como porcentaje del AB original. Para esto se midieron los árboles muertos con las metodologías antes descritas, considerando tres tipos de árboles dañados: (a) árboles caídos por descalce de sus raíces; (b) árboles quebrados debido generalmente a pudriciones y (c) árboles muertos en pie. Se evaluaron las posibles relaciones entre las pérdidas postaprovechamiento y la intensidad de la corta, la calidad de sitio y la estructura.

RESULTADOS

El Bosque Original

El muestreo realizado mostró una amplia variedad de estructuras iniciales, con una proporción de parcelas similar para cada una de ellas. Para facilitar la interpretación de los resultados se agruparon las estructuras mencionadas en tres categorías:

Irregulares: Agrupa las estructuras irregulares e irregulares sobremaduras (21 parcelas).

Biestratificadas: Agrupa las estructuras Latizal-Fustal y Oquedal-Fustal (25 parcelas).

Regulares: Agrupa a las estructuras con un solo estrato (Fustales) (14 parcelas).

La calidad de sitio de las parcelas de muestreo, estimada a través de la altura dominante del rodal, presentó una distribución de frecuencias con un máximo en la clase intermedia. Para facilitar la interpretación de los resultados, se agruparon las categorías de calidad de sitio en tres clases:

Clase 1: Calidades I y II (8 parcelas).

Clase 2: Calidad III (29 parcelas).

Clase 3: Calidades IV y V (23 parcelas)

El Cuadro N° 1 muestra los parámetros dasométricos que presentaba el bosque justo antes de ser intervenido, clasificando la muestra en las estructuras encontradas. A través de un ANOVA de un factor se detectaron diferencias significativas para las variables abundancia y el volumen maderable sin corteza del rodal, mientras que no se detectaron diferencias para las variables área basal ni volumen total.

Las estructuras con mayor *stock* maderable fueron las biestratificadas (Oquedal-Fustal y Fustal-Latizal) con alrededor de un 60% más de volumen maderable que las estructuras irregulares o irregulares sobremaduras, mientras que los rodales regulares presentaron valores intermedios. No se encontró una relación entre la calidad de sitio y el volumen maderable al momento de la corta.

Cuadro N° 1
PROMEDIOS DE LOS PARÁMETROS DASOMÉTRICOS ESTIMADOS DEL BOSQUE ORIGINAL
DISCRIMINADOS POR LA ESTRUCTURA ORIGINAL

Estructura	Abundancia (N/ha)*	Área Basal (m ² /ha)	Volumen Total (m ³ /ha)	Volumen Maderable (m ³ /ha)*
Irregular	900 ^{ab}	48,9	401,8	60,5 ^a
Irregular sobremaduro	669 ^a	55,4	498,5	55,9 ^a
Oquedal-Fustal	655 ^a	50,5	472,2	100,5 ^b
Fustal-Latizal	956 ^b	52,5	444,3	90,2 ^{ab}
Regular	671 ^a	54,7	471,0	69,7 ^{ab}
Promedio general	792	52,1	450,4	76,4

* Letras distintas indican diferencias estadísticamente significativas.

Las Intervenciones

La antigüedad de las cosechas analizadas en las 60 parcelas se ajustó satisfactoriamente a lo previsto en la metodología. Hubo un porcentaje de las mismas que se excedió de los tiempos deseados, no obstante el 92% se encontró dentro del rango previsto. Las parcelas con aprovechamientos más antiguos igualmente fueron incluidas en el análisis.

El volumen maderable extraído presentó diferencias significativas según la estructura del rodal, las intervenciones más intensas se observaron sobre bosques biestratificados (88,5 m³/ha), las menos intensas sobre los bosques irregulares (56,2 m³/ha) y en los bosques regulares se observaron intensidades intermedias (67 m³/ha) (Cuadro N°2). La intensidad relativa de aprovechamiento no mostró diferencias significativas según la estructura, aunque sí se correlacionó significativamente con el volumen maderable inicial ($R^2 = 0,467$, $\alpha < 0,001$). Su intensidad promedio fue del 26,4% del AB original, variando entre 5 y 72%.

Cuadro N°2.
INTENSIDAD DE CORTA ABSOLUTA (m³/ha), INTENSIDAD DE CORTA RELATIVA (PORCENTAJE DEL ÁREA BASAL ORIGINAL) Y DIÁMETRO CUADRÁTICO MEDIO (DCM) DE LOS INDIVIDUOS APEADOS PARA CADA TIPO DE ESTRUCTURA, AGRUPADAS EN IRREGULARES, BIESTRATIFICADAS Y REGULARES

Estructura	Intensidad de Corta (m ³ /ha)*	Intensidad de Corta (% del AB)	DCM de los Individuos Apeados (cm)
Irregular	56,2 ^a ± 5,6	22,5 ± 2,4	38,89 ± 1,03
Biestratificada	88,5 ^b ± 7,4	28,9 ± 2,2	37,19 ± 1,15
Regular	67,0 ^{ab} ± 13,1	28,0 ± 5,1	38,43 ± 1,59
Total	72,2 ± 5,0	26,4 ± 1,7	38,13 ± 0,70

* Letras distintas indican diferencias estadísticamente significativas.
Los valores indican el promedio ± error estándar.

Las Pérdidas Post-aprovechamiento

Se observó un porcentaje significativamente mayor de árboles caídos (desraizados) que quebrados (Figura N° 2), aunque tomando como parámetro al área basal, las diferencias entre ambas disminuye considerablemente. Los árboles muertos en pie luego del aprovechamiento presentaron valores menores para ambos parámetros. No se encontraron diferencias significativas entre las distintas categorías de árboles dañados (caídos, quebrados o muertos) comparando las distintas intensidades de corta, las distintas calidades de sitio o las distintas estructuras iniciales.

Para los análisis subsiguientes las tres categorías mencionadas se agruparon en una única categoría "pérdidas".

Las pérdidas posteriores al aprovechamiento, expresadas como porcentaje del AB original que representan los árboles muertos o abatidos por el viento, variaron entre el 10% y el 60%. Se encontraron diferencias en el porcentaje de pérdidas separando la muestra en clases de estructura (Cuadro N° 3).

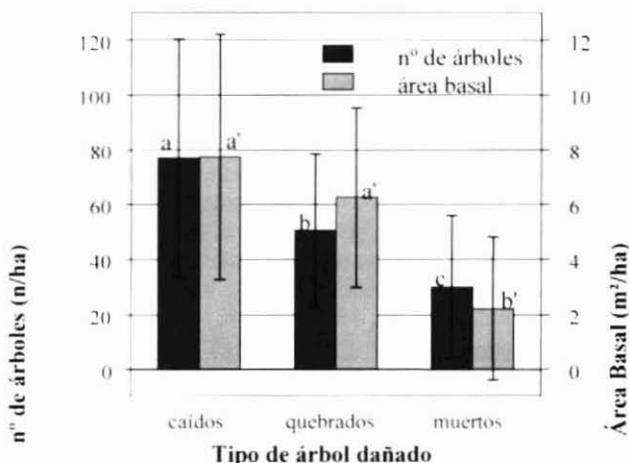


Figura N° 2

NÚMERO DE ÁRBOLES Y ÁREA BASAL PERDIDOS POR CAÍDA, QUEBRADURA O MUERTE CON POSTERIORIDAD AL APROVECHAMIENTO. LETRAS DISTINTAS INDICAN DIFERENCIAS ESTADÍSTICAMENTE SIGNIFICATIVAS.

Cuadro N° 3

PÉRDIDAS POST-APROVECHAMIENTO, EXPRESADA COMO PORCENTAJE DEL AB ORIGINAL, ORIGINADAS POR LA CAÍDA O MUERTE DE INDIVIDUOS EN CADA CLASE DE ESTRUCTURA.

	Pérdidas post-aprovechamiento (% del AB original)	Min. (%)	Máx. (%)
Irregular	26,3 ^a ± 1,8	14,1	48,8
Biestratificada	32,9 ^{ab} ± 2,7	11,6	58,9
Regular	37,1 ^b ± 3,1	18,2	54,8
Total	31,6 ± 1,6	11,6	58,9

^a Letras distintas indican diferencias estadísticamente significativas.
Los valores indican el promedio ± error estándar.

No se observó influencia directa de la intensidad de la corta ni de la calidad de sitio, sobre las pérdidas posteriores al aprovechamiento ocasionadas por la muerte de individuos,

o la caída de los mismos por efecto del viento. Sin embargo, clasificando los datos según la estructura original del rodal, agrupadas en las categorías "Regular", "Biestratificado" e "Irregular", se observa una leve tendencia que indicaría que las estructuras regulares son más susceptibles a los daños post aprovechamiento que las estructuras irregulares (diferencias con nivel de significancia $< 0,05$). Esta tendencia se hace más definida cuando sólo se toma el rango de intensidades de aprovechamiento propuesto para una corta bajo el sistema de selección en grupos, es decir cortas suaves a moderadas, de menos del 30% del AB (diferencias con nivel de significancia $< 0,01$) (Figura N° 3). En este segmento se observa que casi la totalidad de las parcelas con estructura irregular presenta pérdidas inferiores al 40% del AB inicial, mientras que la mayoría de las parcelas con estructura regular, presenta pérdidas superiores a este valor. Las estructuras biestratificadas presentaron una situación intermedia, sin que se observen tendencias entre las variables analizadas.

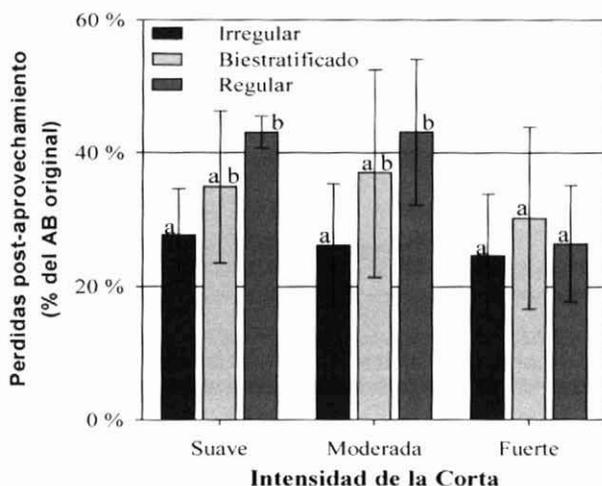


Figura N° 3
PORCENTAJE DEL ÁREA BASAL ORIGINAL CORRESPONDIENTE A LOS ÁRBOLES PERDIDOS LUEGO DEL APROVECHAMIENTO EN FUNCIÓN DE LA INTENSIDAD DE LA CORTA Y DE LA ESTRUCTURA ORIGINAL DEL BOSQUE. LETRAS DISTINTAS INDICAN DIFERENCIAS ESTADÍSTICAMENTE SIGNIFICATIVAS.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Consideraciones Metodológicas

El muestreo incorporó rodales que en su estado original presentaban un amplio rango de estructuras. De la misma manera, las calidades de sitio observadas abarcaron las cinco categorías mencionadas para la provincia (Martínez Pastur *et al.*, 1997), con una mayor frecuencia de calidades intermedias. Con respecto a las intervenciones analizadas, se ha

cubierto satisfactoriamente el rango de antigüedades propuesto (15 a 35 años). La intensidad de dichas intervenciones varió considerablemente, desde cortas suaves, de menos del 15% del AB, hasta cortas severas de más del 60% del AB, quedando aproximadamente la mitad de la muestra dentro del rango de intensidades de corta que se considera adecuado para un sistema de cortas de selección en grupo.

Con respecto a las condiciones actuales de los rodales analizados, la muestra incluye un amplio rango de AB, desde rodales totalmente subocupados por la masa forestal remanente hasta rodales con AB comparables a las de bosques vírgenes, situación que ya ha sido documentada por Yapura (1999; 2001), quien observó que los bosques irregulares aprovechados tienen una estructura similar a los bosques irregulares vírgenes. Esta diversidad es observable en los rodales intervenidos en la actualidad, donde la intensidad de la corta es altamente variable y depende mucho de la proporción de árboles con aptitud maderable presentes. En términos generales, la muestra parece representar adecuadamente los rangos de calidad de sitio e intensidad de corta que eran propios de los aprovechamientos realizados en la época considerada. La intensidad de corta promedio en las parcelas estudiadas (72,2 m³/ha), coincide con la que Jovanovski *et al.* (2003) señalan para las cosechas actuales.

La intensidad de corta parece ser independiente de la calidad de sitio. En sitios buenos se han realizado cortas de la misma intensidad que en sitios malos. Este parámetro es altamente variable y podría estar más relacionado con la estructura del bosque, o con aspectos relacionados a las decisiones tomadas por los permisionarios, tales como condicionantes macroeconómicas o de control por parte del Estado.

Los Daños Posteriores al Aprovechamiento

No se analiza la posible relación causal entre la cosecha y los daños que se producen sobre el rodal remanente después de esta. Sin embargo, se analizó el grado en que varían estos daños a medida que aumenta la intensidad de la cosecha, concluyéndose que no existiría incidencia directa de la intensidad de corta sobre los efectos adversos en el rodal remanente. Aunque estos varían considerablemente entre parcelas (entre el 10 y el 60% del AB original), esta variación no muestra ninguna tendencia respecto del porcentaje del AB original que se extrajo durante la primera intervención. Durante su crecimiento los árboles se adaptan a la presión que les ejerce el viento, pero esta tolerancia no siempre es suficiente para soportar condiciones más extremas que las que han experimentado durante su desarrollo (Wood, 1995). Las alteraciones estructurales producidas por la corta provocan una mayor exposición de los individuos al viento. Esta es diferente para cada planta en el rodal y no depende solo del tamaño de los claros abiertos por la corta. Otros factores que influyen son la relación altura-diámetro, los daños producidos durante el aprovechamiento y la homogeneidad de los parches remanentes. Estos factores enmascararían el efecto de la intensidad de cosecha. La magnitud de los daños tampoco parece estar relacionada con la calidad de sitio del rodal.

No existe tendencia para respaldar que la frecuencia de árboles caídos o quebrados por efecto del viento se relacione con la intensidad de corta, calidad del sitio o estructura del rodal, aunque si se observa un mayor porcentaje de árboles caídos (desarraigados) que quebrados. Los troncos que se quiebran corresponden a individuos bien anclados, cuando la carga del viento no se puede transmitir por el tronco a la raíz y al suelo (Abetz, 1991), o a árboles muy

afectados por pudriciones, como es frecuente en bosques de lenga. Por su parte, el volteo por viento tiene lugar cuando su efecto es transmitida a la raíz, pero no puede ser transmitida al suelo (Abetz, 1991), lo que puede suceder en los bosques de lenga de Tierra del Fuego, caracterizados por tener sistemas radicales superficiales, desarrollados en suelos someros (Bava, 1999).

Al considerar las estructuras de los bosques originales, se observa que los rodales irregulares presentan daños menores que los regulares, mientras que los biestratificados presentan daños intermedios. Estas diferencias pueden tener su origen en fenómenos observados a dos escalas distintas. A escala de rodal, los bosques irregulares presentan una disminución más gradual de la velocidad del viento desde el techo del bosque hacia el interior del dosel, lo que permite una mejor adaptación mecánica de los árboles al viento, dando una mayor estabilidad al conjunto (Gardiner, 1995). Por otro lado, a escala de árbol individual, se ha observado que los árboles desarrollan fustes con la resistencia necesaria para soportar sólo las intensidades de viento que han recibido durante su crecimiento (Wood, 1995). De esta manera, la mayor heterogeneidad de situaciones presentes en un bosque irregular brindaría más oportunidades para el desarrollo de individuos más resistentes, principalmente debido a una baja relación altura - diámetro, que permanecen en pie después de las cortas, y que jugarían un rol muy importante en la estabilidad del rodal (Mattheck *et al.*, 1995; Burschel y Huss, 1997; Smith *et al.*, 1997).

La Estabilidad del Bosque y las Cortas de Selección

Se ha mencionado la importancia que tiene la estabilidad del bosque para la sustentabilidad de un manejo por cortas de selección, donde el potencial productivo para las futuras intervenciones está representado por los individuos maderables que quedan en pie luego de cada aprovechamiento. En este sentido, los resultados indican que las pérdidas post-aprovechamiento son un factor limitante para la aplicación de estas cortas, y que sólo sería recomendable realizarlas cuando el bosque presente una estructura irregular. Por otra parte, el éxito del sistema también depende de que los criterios de marcación sean respetados y que se realice un aprovechamiento cuidadoso.

Si estas condiciones están presentes, el sistema de selección en grupos sería una alternativa viable, que permitiría mantener la cobertura boscosa, con un ciclo de cortas de aproximadamente 35 años y extrayendo un volumen maderable equivalente al promedio histórico de los aprovechamientos realizados en Tierra del Fuego.

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan su agradecimiento a aquellas personas que posibilitaron la ejecución del presente trabajo: a L. Colombo por su invaluable ayuda en la ubicación de las parcelas, a R. Hlopec por sus comentarios y a R. Roveta, S. Pérez, V. Albarracín, L. Collado, H. Vargas y P. Velásquez por la colaboración en las tareas de campo.

REFERENCIAS

Abetz, P. 1991. Sturmschäden aus waldwachstumskundlicher sicht. AFZ 12: 626-629.

Antequera, S. H. 2002. Efecto del tipo de corta sobre el rendimiento en madera rolliza y la regeneración natural de un bosque de lenga (*Nothofagus pumilio*) de calidad media en la provincia del Chubut. Argentina. Tesis de Maestría. Universidad de Göttingen. Göttingen, Alemania. 102 p.

Bava, J. O. 1999. Aportes ecológicos y silviculturales a la transformación de bosques vírgenes de lenga en bosques manejados en el sector argentino de Tierra del Fuego. CIEFAP. Esquel, Chubut, Argentina. 138 p.

Bava, J.; Collado, L.; Colombo, S.; Farina, S.; Favoretti, F.; Jaras, R.; Hlopec, P.; M. López Bernal, P. y Urquía, N. 2005. Historia y perspectivas del aprovechamiento forestal en tierras fiscales en Tierra del Fuego. AFOA. Actas 3º Congreso Forestal Argentino y Latinoamericano. Corrientes, Argentina. AFOA.

Bava, J. y López Bernal, P. 2005. Cortas de selección en grupo en bosques de lenga. IDIA XXI 5(8): 39-42.

Bava, J. y López Bernal, P. En prensa (a) Cortas de selección en grupo en bosques de lenga de Tierra del Fuego. Quebracho.

Bava, J. y López Bernal, P. En prensa (b) Predicción del DAP en función de las dimensiones del tocón de árboles de lenga en Tierra del Fuego, Argentina. Quebracho.

Burschel, P. y Huss, J. 1997. Grundriß des Waldbaus. 2 neubearbeitete und erweiterte Auflage. 49 Parey Sudientexte. 487 p. p.

Collado, L. 2001. Los bosques de Tierra del Fuego. Análisis de su estratificación mediante imágenes satelitales para el inventario de la provincia. Multequina 10: 1-16.

Cwielong, P. y Rajchemberg, M. 1995. Wood-rooting fungi on *Nothofagus pumilio* in Patagonia, Argentina. European Journal of Forest Pathology 25(995): 47-60.

Dirección de Bosques Prov. de Tierra del Fuego. 1999. Estratificación de los bosques fiscales de Tierra del Fuego mediante el análisis de imágenes satelitales del inventario forestal de la Provincia. Dirección de Bosques, prov. de Tierra del Fuego. Tierra del Fuego, Argentina. 26 p.

Gardiner, B. A. 1995. The interactions of wind and tree movement in forest canopies. In: Coutts, M. P. and Grace, J. (Eds.). Wind and trees, pp. 41-59. Cambridge University Press, Cambridge.

Jovanovski, A.; Manfredi, R. y Villena, P. 2003. Evaluación de alternativas para aumentar la competitividad de la industria forestal de procesamiento primario en la provincia de Tierra del Fuego. Consejo Federal de Inversiones. Argentina. 97 p.



López Bernal, P.; Bava, J. y Antequera, S. 2003. Regeneración en un bosque de lenga (*Nothofagus pumilio* (Poepp. et Endl.) Krasser) sometido a un manejo de selección en grupos. *Bosque* 24(2): 13-21.

Martinez Pastur, G.; Peri, P.; Vukasovic, R.; Vaccaro, S. y Piriz Carrillo, V. 1997. Site index equation for *Nothofagus pumilio* forests. *Phyton* 6: 55-60.

Mattheck, C.; Behtge, K. y Albrecht, W. 1995. Failure models of trees and related failure criteria. *In:* Coutts, M. P. and Grace, J. (Eds.). *Wind and trees*. Cambridge University Press, Cambridge. Pp: 195-203.

Rebertus, A.; Kitzberger, T.; Veblen, T. y Roovers, L. 1997. Blowdown history and landscape patterns in the Andes of Tierra del Fuego, Argentina. *Ecology* 78(3): 678-692.

Rebertus, A. y Veblen, T. 1993. Structure and tree-fall gap dynamics of old-growth *Nothofagus* forests in Tierra del Fuego, Argentina. *Journal of Vegetation Science* 4: 641-654.

Schmidt, H. y Caldenty, J. 1994. Apuntes del tercer curso de silvicultura de los bosques de lenga. CONAF-CORMA-Universidad de Chile. 109 p.

Smith, D. M.; Larson, BC.; Kelty, MJ. Y Ashton, PM. 1997. The practice of silviculture. Applied forest ecology. John Wiley & Sons.

Stoessel, G. 2000. Función de volumen maderable con utilización de discriminantes para lenga (*Nothofagus pumilio* (Poepp. et Endl.) Krasser) en Tierra del Fuego, Argentina. Informe de Pasantía de Investigación *ad honorem*. Fac. de Cs. Agr. y Ftales. Univ. Nac. de La Plata. 11 p.

Veblen, T.T. 1989(a). *Nothofagus* regeneration in tree fall gaps in northern Patagonia. *Canadian Journal of Forest Research* 19: 365-371.

Veblen, T.T. 1989(b). Tree regeneration responses to gaps along a transandean gradient. *Ecology* 70: 541-545.

Veblen, T.T.; Donoso, C.; Kitzberger, Z., T. y Rebertus, A.J. 1996. Ecology of southern Chilean and Argentinean *Nothofagus* forests. *In:* Veblen, T.T.; Hill, R.S. and Read, J. (Eds.). *The ecology and biogeography of Nothofagus forests*. Yale University Press, London. Pp: 293-353

Veblen, T.T.; Kitzberger, T.; Burns, B.R. y Rebertus, A.J. 1995. Perturbaciones y dinámica de regeneración en bosques andinos del sur de Chile y Argentina. *In:* Armesto, J. J.; Villagrán, C. y Arroyo, M. K. (Eds.). *Ecología de los bosques nativos de Chile*. Editorial Universitaria, Chile. 470p.

Wood, C.J. 1995. Understanding wind forces on trees. *In:* Coutts, M. P and Grace, J. (Eds.). *Wind and trees*. Cambridge University Press, Cambridge. Pp: 133-164

Yapura, P. 1999. Evaluación del estado de cuarteles forestales aprovechados y sus áreas de influencia -primera etapa- Provincia de Tierra del Fuego. Informe Final Consejo Federal de Inversiones.

Yapura, P. 2001. Evaluación del estado de cuarteles forestales aprovechados y sus áreas de influencia -segunda etapa- Provincia de Tierra del Fuego. Informe Final Consejo Federal de Inversiones.

TRATAMIENTO INTERMEDIO DE MASAS BOSCOSAS JUVENILES DE LENGUA (*Nothofagus pumilio*) EN TIERRA DEL FUEGO, ARGENTINA

Santiago Favoretti¹; Sebastian Mussel¹; Ramón Villalba¹ y Luciana Riccialdelli²

RESUMEN

Actualmente en Tierra del Fuego, Argentina, existe una demanda de abastecimiento de materia prima de productos forestales por parte de los productores en forma constante y creciente. Dicho abastecimiento corre riesgo de no poder satisfacerse, con lo que muchos de los actuales productores deberían dejar de aprovechar el bosque. Esta situación surge de un aprovechamiento desmesurado del recurso, y se respalda en el inventario forestal provincial y las estadísticas de la Dirección de Bosques. Teniendo en cuenta esta información se estima que de continuar con la misma tasa de aprovechamiento, solo quedarían masas productivas, tal cual las que hoy se aprovechan, para 10 años aproximadamente.

El objetivo de este trabajo es dejar asentadas las bases y condiciones, así como la necesidad, del estudio de tratamientos intermedios en masas boscosas de lenga (*Nothofagus pumilio*) en la Provincia de Tierra del Fuego.

Los objetivos principales que se plantearon en el ensayo son: (i) determinar la factibilidad silvicultural de realizar tratamientos intermedios en masas juveniles de lenga, y (ii) determinar la alteración de la biodiversidad provocados por el aprovechamiento de masas boscosas juveniles. Los objetivos secundarios que se plantearon son: (i) determinar el volumen de cosecha en un tratamiento de masas juveniles de lenga, y (ii) cuantificar el rendimiento para distintas escuadrias de productos.

Se seleccionó una masa boscosa virgen de tipo juvenil con estructura Latizal- Fustal, ubicada en la Reserva Forestal Río Milnak, con una densidad de 891 árboles por hectárea, con un diámetro cuadrático medio de 28,87cm y una altura de 17,8 m. El tratamiento se basa en la estabilidad y características del dosel remanente, como así también las características maderables de los individuos a apear. La marcación se efectuó, en 2,1 ha, marcando los individuos a apear. Para cada individuo marcado se analizó el cambio de estructura debido a la apertura del dosel, generando una zona de protección en cada hueco provocado en el dosel remanente, con un diámetro mínimo de extracción de 25 cm.

Se apeó en total un área basal de 11,22 m²/ha, representando el 19,94% del área basal inicial. Se extrajo un volumen de 125,4 m³ (en 2,1 ha), las trozas largas tuvieron en promedio 0,66 m³, un largo de 9,4 m y un diámetro de 29,4 cm, las trozas cortas presentaron un largo

¹ Dirección de Bosques. Subsecretaría de Recursos Naturales, Delegación Tolhuin. Argentina. sfavoretti@yahoo.com.ar

² Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y técnicas (CONICET). Argentina. riccialdelli@yahoo.com.ar

promedio de 4,6 m y un diámetro promedio de 27,4 cm. Según las estadísticas de la Dirección de Bosques el volumen neto promedio, para masas vírgenes adultas de Lengua es de 85 m³/ha, en este tratamiento se cosechó 59,52 m³/ha, valor inferior pero cercano, lo cual indica que posiblemente sea un tratamiento silvícola con indicadores económicos positivos.

En una segunda instancia se analizará el aserrado de éste material cosechado para así poder determinar los indicadores económicos de éste tratamiento y se continuará con los estudio de biodiversidad para analizar el impacto del mismo en el ambiente.

Palabras clave: *Nothofagus pumilio*, silvicultura

INTERMEDIATE TREATMENT IN JUVENIL FORESTS OF LENGA (*Nothofagus pumilio*) EN TIERRA DEL FUEGO, ARGENTINA

SUMMARY

Nowadays in Tierra del Fuego Province, Argentina, exists a constant and growing demand for forest products by forest producers. This demand is in risk of not being satisfied, with the inconvenient of stop producing. This situation surge from a high harvesting rate of the forests and is supported on the Province Forest Inventory and the Forest Department stats. Over this information it is estimated that at the present harvesting rate the resource is enough for only ten years of production.

The objective of this work is to provide the bases, conditions and the necessary study of the intermediate treatments in *Nothofagus pumilio* juvenil forests at Tierra del Fuego Province.

The essay principal objectives are: silvicultural feasibility determination for intermediate treatment in young forests and the effects on biodiversity. The secondary objectives are: harvest volume determination in the intermediate treatment in juvenil forests and the sawmill production.

It was selected a juvenile virgin forest with Latizal-Fustal structure, located at Rio Milnak Forest Reserve, with a density of 891 trees per hectare, a 28.87cm mean cuadratic diameter and 17.8 m height. The treatment is based on the stand structure characteristics and stability and the wood properties for sawmill. Trees to be felled were marked covering an area of 2.1 ha. Stand structure changes were evaluated.

The total basal area harvested was 11.22 m²/ha, representing the 19.94% of the initial basal area. The volume harvested in the total area was 125.4 m³, with mean values for long logs of 0.66 m³ in volume, 9.4 m in length and 29.4 cm in diameter; for short logs mean values were 4.6 m length and 27.4 cm diameter. According to the Forest Department stats, Lenga virgin adult forests mean volume per hectare is 85 m³, under the treatment was harvested a volumen of 59.52 m³/ha, inferior value but close, which may indicate a positive economic indicator.

At a second instance, sawmill product characteristics will be analyzed to determinate the economic indicator and also biodiversity study will be carried out to analyze environmental impacts.

Key words: *Nothofagus pumilio*, forestry



INTRODUCCIÓN

Este informe tiene por objetivo dejar asentadas las bases y condiciones así como la necesidad, por parte de quienes escriben de estudiar tratamientos intermedios en masas boscosas de lengua en la Provincia de Tierra del Fuego, Argentina.

Esta necesidad radica en que existe una demanda de abastecimiento de materia prima por parte de los productores en forma creciente y constante, y que dicho abastecimiento corre riesgo de no poder satisfacerse a mediano plazo, con lo que muchos de los actuales productores debería dejar de aprovechar el bosque. Dicha situación surge de un aprovechamiento desmesurado del recurso, y se respalda en el inventario forestal provincial y las estadísticas de la Dirección de Bosques. Teniendo en cuenta esta información se estima que de continuar con la misma tasa de aprovechamiento, solo quedarían masas productivas, tal cual las que hoy se aprovechan, para 10 años aproximadamente. Es por esto que se observa la necesidad de empezar a manejar las masas boscosas ya aprovechadas o de estructuras juveniles productivas.

OBJETIVOS

Los objetivos principales del ensayo son:

Determinar la factibilidad silvicultural de realizar tratamientos intermedios en masas juveniles de lengua.

Determinar la alteración de factores ecológicos provocados por el aprovechamiento de masas boscosas juveniles.

Los objetivos secundarios son:

Determinar el volumen de cosecha en un tratamiento a masas juveniles de lengua.

Cuantificación del rendimiento para distintas escuadrias de productos.

MATERIAL Y MÉTODO

Descripción del Área de Estudio

Para este ensayo se seleccionó una masa boscosa virgen de tipo juvenil con estructura Latizal - Fustal, ubicada en la Reserva Forestal Río Milnak. Este tipo de estructura actualmente no es aprovechada por los productores forestales, debido a que posee un diámetro medio menor al que se acostumbra cortar.

El área a intervenir está ubicada a 23 km de la localidad de Tolhuin, en la Reserva Forestal Río Milnak, de la Provincia de Tierra del Fuego, abarcando una superficie de 27 ha

aproximadamente. El acceso hasta el área es a través de una picada o camino de segundo orden, realizado para un aprovechamiento de principios del año 2000, el cual avanzó hasta encontrarse con el frente de la estructura juvenil, en donde se detuvo.

La masa boscosa presenta las características dasométricas detallada en el Cuadro N° 1, mientras que su distribución diamétrica se representa en el gráfico de la Figura N° 1.

La masa forestal presenta características fitosanitarias aceptables, las que se manifiestan en individuos sanos, sin señales de pudrición, con fustes rectos, copas estrechas y escasa incidencia de bifurcaciones, características que en su conjunto le confieren propiedades maderables.

La altura del rodal alcanza un promedio de 17,8 m, indicando una calidad de sitio de tipo IV, con una altura de fustes promedio de 9.2 m.

La masa boscosa antes descrita corresponde a una estructura latizal – fustal, la cual se ajusta a los parámetros dasométricos mencionados por Bava (1999) y con los cuales se compara en el Cuadro N° 2.

Cuadro N° 1
CARACTERÍSTICAS DASOMÉTRICAS DE LA MASA VIRGEN EVALUADA

Parcela	N° árboles /ha	Área Basal (m ² /ha)	Altura total (m)	DCM (cm)	Vol. Neto (m ³ /ha)		
					Chauchard	Pastur	Regresión Local
Total	891.33	56.24	17.8	28.87	517.24	536.01	537.41

DCM: Diámetros Cuadrático Medio; Vol.: Volumen

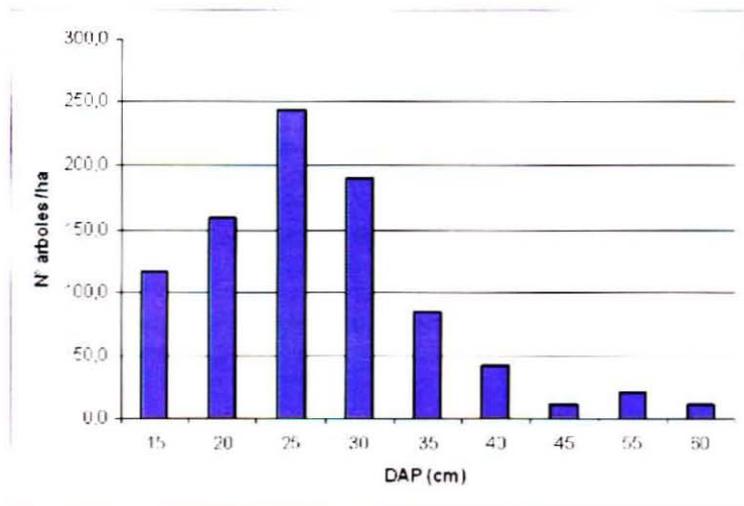


Figura N° 1
DISTRIBUCIÓN DIAMÉTRICA

Cuadro N° 2
COMPARACIÓN DE PARÁMETROS DASOMÉTRICOS DE LA MASA A INTERVENIR CON LOS DESCRITOS POR BAVA (1999)

Parámetros Dasométricos	Latizal – Fustal (Bava, 1999)	Masa a intervenir
Densidad:	953 árboles/ha	891 árboles/ha
Diámetro cuadrático medio (DCM)	29,0 cm	28,87 cm.
Área basal (AB):	56,3 m ² /ha	56,24 m ² /ha
Volumen Neto:	580 m ³ /ha	537 m ³ /ha
Volumen de fustes:	371 m ³ /ha	Por determinar

MUESTREO Y CONTROL

Se realizaron 3 parcelas permanentes, circulares de 10 m de radio, cubriendo una superficie de 314 m² por parcela, lo que da una intensidad de muestreo del 4,48% del área total. En el centro de cada parcela se clavo una estaca de madera de color naranja.

Los datos registrados fueron los característicos para este tipo de intervención: DAP, Altura, estado sanitario, pendiente, exposición, regeneración, sotobosque, corteza y cobertura.

El DAP se midió con forcípula, clavando dos clavos en los puntos de apoyo de la forcípula. (con el fin de repetir la medición en el futuro sobre el mismo punto)

La altura se midió con clinómetro y cinta, haciendo tres lecturas.

El estado sanitario se estimó a vista, en maderable o no maderable.

La pendiente se midió con clinómetro

La exposición se determinó con brújula.

La regeneración se evaluó realizando parcelas de 2 m² o de 80 cm de radio, donde se contó la frecuencia de apariciones de lenga, clasificando a estas en grupos de 5 cm de altura.

Se registró la presencia de especies del sotobosque, sin cuantificar su densidad ni frecuencia.

La cobertura se estimó mediante fotografías digitales sacadas en forma horizontal al dosel, y luego procesadas en gabinete para determinar el porcentaje con cobertura.

Descripción del Tratamiento Silvicultural

El tratamiento realizado corresponde a un "Raleo por lo Alto", donde se tiene en cuenta la producción, por lo que se prioriza la selección de los individuos aptos para el aserrado por sobre la eliminación de individuos defectuosos para mejorar la calidad del dosel remanente.

Para determinar los individuos a voltear se considero:

- Estabilidad y características del dosel remanente.
- Características maderables de los individuos a voltear.

Los individuos a apear fueron marcados con dos "X" de pintura roja, a una altura visible. Para cada uno de estos individuos se analizó el cambio de estructura debido a la apertura del dosel generada por el apeo del mismo. Se determina entonces una zona de protección en cada hueco provocado en el dosel remanente debido a la falta del individuo marcado. Las características maderables están dadas por un diámetro mínimo aserrable superior a 25 cm de DAP, por su forma forestal, la cual debe ser recta y libre de defectos en todo el fuste, el cual a su vez debe ser superior a los 9 m. Esta marcación se efectuó en un área de 2,1 ha, donde fueron seleccionados y marcados 210 individuos

Es propuesto este tratamiento debido a que los individuos ya han alcanzado la altura máxima para el sitio, por lo que al disminuir la competencia lateral no se alterarán las características forestales de los individuos remanentes, logrando así una distribución de los factores ambientales en menos árboles, lo que conlleva un aumento de sus crecimientos.

Los datos dasométricos del tratamiento son indicados en el Cuadro N° 3.

Cuadro N° 3
PARÁMETROS DASOMÉTRICOS DEL TRATAMIENTO

Área (ha)	AB Corta (m ² /ha)	DCM (cm)	N° de árboles/ ha	Vol. Corta Neto (m ³ /ha)	
				Pastur	Regresión Local
2.1	13.26	26.09	118.1	53.01	58.84

Volumen Total estimado de corta	123.55m ³
---------------------------------	----------------------

AB: Área basal; DCM: Diámetro cuadrático medio

El área basal de extracción es de 13,23 m²/ha de un total de 53,91 m²/ha, lo que representa una extracción del 25% aproximadamente.

Según Bava (1999), existiría un umbral de estabilidad del dosel remanente, el cual estaría limitado por el porcentaje del área basal de extracción, siendo este de 30% del área basal total. Superando este umbral existirían altas probabilidades de que el dosel remanente sufra volteos masivos por efecto del viento.

De acuerdo con las estadísticas de la Dirección de Bosques, el volumen neto promedio por hectárea es de 85 m³, en este tratamiento se cosecha 58,54 m³/ha, valor inferior pero cercano, lo cual indica que posiblemente sea un tratamiento silvícola con indicadores económicos positivos.

El cambio en la estructura de la masa boscosa por la extracción de individuos marcados se esquematiza en la figura N° 2. La distribución de los diámetros de extracción sigue la curva de densidad-diámetro, y esta centralizada en los diámetros cercanos a 30 cm. El 77% de los individuos marcados se localiza entre las clases de 25 y 30 cm, lo cual se representa en la Figura N° 3.

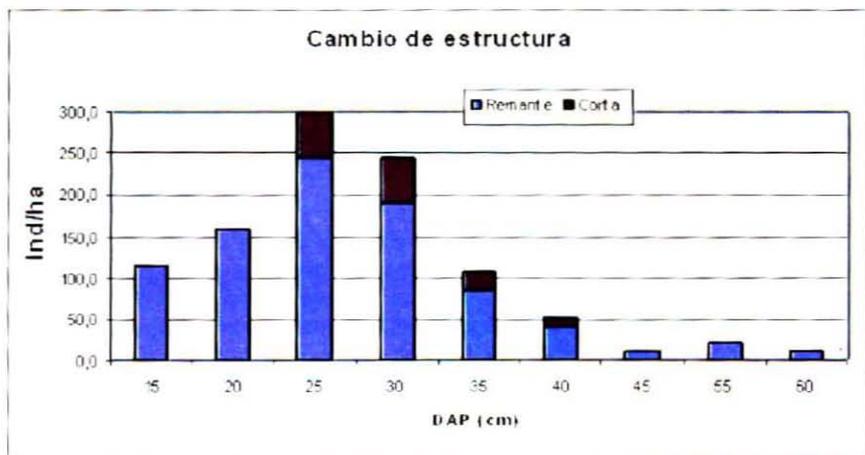


Figura N° 2
CAMBIO EN ESTRUCTURA DEL RODAL POR EXTRACCIÓN DE 210 INDIVIDUOS SELECCIONADOS (118 ARB/HA)

Diámetros de Corta (cm + %)

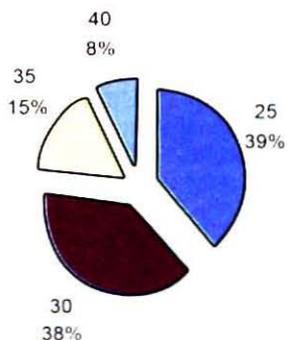


Figura N° 3
DISTRIBUCIÓN DIAMÉTRICA DE LOS INDIVIDUOS SELECCIONADOS

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El aprovechamiento fue efectuado por un productor local, asistido por dos operarios para las faenas de volteo y madereo.

El madereo se efectuó con un tractor forestal articulado "Skidder" o motoarrastrador. En primera instancia, la maquina no parecía apta para la intervención, pero al analizar el camino después de finalizada la faena, se concluye que resulta apropiada y genera un bajo impacto, pues no rompe las picadas, ni deja huellas profundas en el suelo. Esta última situación obedece a que por estar diseñada para arrastrar trozas mayores, sus ruedas o patinan sobre la superficie.

El volumen extraído tras finalizar todas las tareas de volteo y madereo en la parcela fue de 125,4 m³ por lo que el volumen de extracción por unidad de superficie es 59.71 m³/ha.

El volumen extraído, estimado con la tabla de regresión local (123,55 m³), no presentó diferencias significativas respecto de las restantes tablas de volumen utilizadas, concluyéndose que esta resulta confiable para las condiciones en que fue empleada

Se extrajo 210 individuos, de los cuales 166 fueron fustes (más de 6 m de largo) y 44 trozas (menos de 6 m de largo). Cabe mencionar que originalmente se había marcado 170 individuos para ser volteados, pero con la realización del camino se aparearon 40 individuos adicionales, los que representan 2,64 m²/ha o un 5% del área basal original. En total se extrajo un área basal de 11,22 m²/ha, lo que representa un 19,94% del área basal inicial.

El volumen de los fustes fue en promedio de 0.66 m³, con largo promedio de 9.4 m y diámetro promedio de 29.4 cm. Las trozas presentaron un largo promedio de 4.7m, diámetro promedio de 27.4 cm y con un volumen de 0.27 m³.

Las calidades del material obtenido son superiores a la media de la región, correspondientes en su mayor parte a la calidad de tipo B, de la Clasificación de Madera en Rollo de Lengua de Cordone. También se obtuvo algunas trozas de calidad tipo C, sin presentar estas un porcentaje considerable.

Si bien se ha comenzado con las tareas de aprovechamiento para alcanzar los objetivos planteados y sobre todo el análisis silvicultural del tratamiento, es necesario analizar la masa intervenida en el tiempo y analizar como se comporta esta en comparación a masas similares sin intervención.

REFERENCIAS

Bava, J. 1999. Aportes ecológicos y silviculturales a la transformación de bosques vírgenes de Lengua en bosques manejados en el sector argentino de Tierra del Fuego. Centro de Investigación y Extensión Forestal Andino Patagónico (CIEFAP). Publicación Técnica N° 29. 133 p.



FORESTACIONES PARA LA DIVERSIFICACIÓN DE LOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN GANADERA EN LA PATAGONIA ARGENTINA

G. A. Loguercio¹; G. Salvador¹; M. Fertig²² y E. Guitart²

RESUMEN

La Patagonia argentina presenta un importante potencial aún no aprovechado para el desarrollo de forestaciones en tierras carentes de bosque nativo. Al pie de la Cordillera de los Andes, el sistema de producción tradicional ganadero de tipo extensivo, de bovinos en los sitios más húmedos del oeste y ovinos en los sitios secos del este, ha producido fuertes impactos sobre la vegetación y el suelo por sobrepastoreo y falta de incorporación de tecnología. En algunos ambientes estos procesos están más agravados con importantes signos de desertificación.

La forestación como alternativa para la diversificación productiva y la recuperación ambiental aparece como una de las pocas alternativas para revertir dicho proceso de deterioro. Pero problemas de financiamiento, los largos plazos vinculados a la producción forestal y la escasa o nula tradición forestal, dificultan la incorporación de la actividad en los establecimientos ganaderos.

A fin de evaluar la factibilidad técnica y económica de incorporar forestaciones a dicho sistema productivo, se elaboró una estrategia para la zonificación ganadero-forestal a nivel predial, aplicada a un estudio de caso. El mismo abarcó dos campos de un mismo establecimiento de 1.490 ha ubicados en las proximidades de la localidad de Cholila en la provincia del Chubut. En primer lugar, se clasificó el área de estudio en cinco clases productivas en función de la capacidad de carga bovina. De igual modo, se clasificaron los predios en cuatro calidades de sitio forestal para forestaciones con pino ponderosa utilizando una ecuación que predice el índice de entrenudos en base a variables ambientales.

Con un modelo de predicción del rendimiento y un esquema de intervenciones para cada calidad de sitio se realizó una estimación de la producción forestal. Para ambos usos del suelo (ganadería y forestación) se realizó el análisis económico utilizando como indicador de rentabilidad el VPS (valor potencial del suelo). Se identificaron áreas con mayor VPS forestal y ganadero, en base a las que se realizó una propuesta de zonificación ganadera y forestal, que contempló aceptar una reducción de resultado operativa anual ganadero de no más del 15% (para liberar superficie a forestar).

Se realizó el análisis de rentabilidad predial ganadera forestal para tres escenarios de planes de forestación anual: 250 ha en un año, 50 ha/año en 5 años y bajo una tasa constante

¹ Centro de Investigación y Extensión Forestal Andino patagónico (CIEFAP). Argentina gloguer@ciefap.org.ar; salvador@ciefap.org.ar

²² Estación Experimental Agroforestal INTA-Esquel Argentina: mfertig@correo.inta.gov.ar; eguitartfite@correo.inta.gov.ar

de 10 ha/año. Los resultados mostraron un incremento de rentabilidad global entre 27 y 58%, respecto a la línea base, con una mejor distribución en el flujo de caja cuando la forestación se distribuye en un periodo mayor. Las forestaciones no solo podrían recuperar los sitios más degradados dentro de los predios, sino que también mejoraría considerablemente los ingresos de los productores e incrementaría el capital de los establecimientos.

Palabras clave: Producción ganadera, plantaciones forestales, diversificación productiva

FOREST PLANTATIONS FOR THE DIVERSIFICATION OF THE CATTLE PRODUCTION SYSTEMS IN THE PATAGONIA ARGENTINA

SUMMARY

The Argentinean Patagonia has an important potential not used yet for the development of planting in territories without presence of native forest. On the foot of the Andes Range, the traditional cattle production system of extensive type, of bovines in the most humid sites of the west and ovines in the dry sites of the east, has produced strong impacts on the vegetation and the soil by overpasturing and lack of technology. In some sites these processes are more drastic with important signs of desertification.

The forestation as a choice for the productive diversification and the environmental recovery appears as one of the few alternatives to revert this process. But financing problems, the long terms associated to the forest production and the little or null forest tradition, make difficult the incorporation of the activity in the cattle establishments.

In order to evaluate the technical and economical feasibility to incorporate forest plantations to this productive system, a strategy for the cattle-forest classification at farm level, applied to a case study was elaborated. The same one included two fields of a same establishment of 1,490 ha located in the proximities of the locality of Cholila in the Chubut Province. At the beginning, the area of study was classified in five productive classes, based on the bovine lifting capacity. Equally, the fields were classified in four qualities of forest site for planting with Ponderosa Pine, using an equation that predicts the index of internodes segments on the basis of environmental variables.

With a prediction model of the yield and a scheme of interventions for each quality of site, an estimation of the forest production was made. For both uses of the soil (cattle ranch and forestations) an economical analysis was made. It used like a profit indicator the PVS (potential value of the soil). Areas with greater forest and cattle PVS were identified, whit them a proposal of cattle and forest classification was made, which contemplated to accept an operative reduction of operative annual cattle results of not more of 15% (to release surface for planting).

At farm level the forest-cattle yield analysis was made for three scenes of plans of annual planting: 250 ha in one year, 50 ha/year in 5 years and a constant rate of 10 ha annually. The results showed an increase of global yield between 27 and 58%, with respect to the basic line, with a better distribution in the cash flow when the planting was distributed in a longer period. The forestations recover the most degraded sites within the farms, and also would improve considerably the income of the producers and would increase the capital of the farm.

Key words: Cattle production, forest plantations, productive diversification



INTRODUCCIÓN

En la Región Andino Patagónica argentina existe un importante potencial para el desarrollo de forestaciones en tierras degradadas por sobrepastoreo; sin embargo, la tasa regional de plantación anual es muy baja (Loguercio y Deccechis, 2006). Probablemente la irregularidad en el funcionamiento de los subsidios y otros obstáculos financieros han influido en esta situación, pero el factor principal ha sido la ausencia de una estrategia consistente y viable para incorporar la forestación en los actuales sistemas de producción ganadera. El presente trabajo constituye un estudio de caso, en el que considerando la situación de los productores ganaderos de la zona de Cholila y usando información preliminar sobre la producción esperada de forestaciones en esta región, desarrolla una metodología de zonificación predial que considera las productividades forestal y ganadera de los distintos ambientes así como sus respectivas rentabilidades prediales esperadas.

Según Guitart *et al.* (2004), los productores del área de Cholila, al noreste de la provincia del Chubut, basan su actividad agropecuaria en la cría, recría y engorde de ganado bovino, sustentando estos sistemas en el uso del pastizal natural. Los establecimientos son considerados pequeñas y medianas empresas agropecuarias, caracterizados porque tienen un rodeo medio de 200 animales, contratan mano de obra permanente y transitoria, tienen capacidad de inversión, se abastecen de insumos en el área que tiene como centro a la ciudad de Esquel y comercializan sus productos en la región. Los novillos y vaquillonas terminados (de aproximadamente 300 Kg) tienen como destino las ciudades del noroeste de la provincia (Esquel – Trevelin), la costa (Trelew - Puerto Madryn, Comodoro Rivadavia), Santa Cruz y Tierra del Fuego. Los terneros de destete se comercializan en la zona Cholila - El Maitén y la Colonia 16 de Octubre (Provincia del Chubut) o en la zona del Valle inferior del río Chubut. En estos lugares se los ingresa a sistemas de engorde en corral (se termina antes del año con 300 Kg) o se los deja en el campo para terminarlos a los 15 meses (venta abril-mayo) con igual peso. La zona se encuentra bajo el status sanitario "libre de aftosa sin vacunación", por encontrarse al sur del paralelo 42.

A partir de información ambiental y económica generada a nivel zonal se focalizó el análisis de un establecimiento, como estudio de caso predial. El mismo abarcó dos campos que denominamos: "Predio 1" y "Predio 2". En primer lugar, se clasificó el área de estudio en cinco clases productivas en función de la capacidad de carga bovina. De igual modo, se clasificaron los predios en cuatro calidades de sitio forestal. Para ambos usos del suelo (ganadería y forestación) el análisis económico fue llevado a cabo utilizando como indicador de rentabilidad el VPS (valor potencial del suelo).

MATERIAL Y MÉTODO

Zonificación Ganadera y Forestal

Clasificación de la Capacidad de Carga Ganadera

La capacidad de carga ganadera fue determinada en base a un método desarrollado por la Facultad de Agronomía de la Universidad de Buenos Aires (Golluscio *et al.* 1998), que consiste en estimar la productividad primaria neta (PPNA) a partir de una función de regresión

que utiliza como variable independiente el índice de vegetación normalizado (IVN) y un factor denominado índice de cosecha (IC). El IVN fue obtenido de imágenes satelitales Landsat TM; la relación PPNA/IVN fue calculada para pastizales templados de Estados Unidos (Paruelo *et al.* 1997) y también para el centro-oeste de la Patagonia (Jouve y Paruelo, 1999) mientras que el índice de cosecha (IC) es el porcentaje de biomasa vegetal consumida del total existente y se estima a partir de la PPNA (Oesterheld *et al.*, 1992).

Calidad de Sitio para Pino Ponderosa a Nivel Predial y Producción Forestal Esperada

Se estimó la calidad de sitio forestal con una función que predice el índice de entrenudos de pino ponderosa sobre la base de variables ambientales (Loguercio *et al.*, 2004). Las variables consideradas en el modelo son la precipitación, la exposición y la pendiente del terreno. Utilizando un modelo digital de elevación y un mapa de isoyetas digitalizado, se elaboró una cobertura de la distribución de 4 calidades de sitio en los predios de estudio, excluyendo las áreas de mallines, no aptas para forestación.

El propósito del manejo de las plantaciones es la producción de madera de alta calidad, mediante la aplicación oportuna y adecuada de podas y raleos. Se estimó la producción media de las 4 calidades de sitio usando los criterios de manejo silvícola definidos por Gonda (2001) para plantaciones de pino ponderosa en la Patagonia y un modelo preliminar de crecimiento de la especie desarrollado por Andenmatten y Letourneau (2003). Se fijó un turno tecnológico para la producción de madera libre de nudos (calidad I y II), cuando el diámetro medio cuadrático (DMC) del rodal alcanza los 50 cm, mientras que para la producción de madera con nudos (calidad de sitio III y IV) se estableció este valor en los 40 cm. La determinación de productos se realizó utilizando una función de ahusamiento local para pino ponderosa ajustada por Letourneau (1996).

INDICADORES ECONÓMICOS UTILIZADOS

Para ambos usos del suelo el análisis económico utilizó como indicador de rentabilidad el VPS (valor potencial del suelo). El VPS, expresión (1), corresponde al valor económico del suelo, el cual depende de la capacidad que éste tiene para producir bienes y servicios, y del valor que éstos alcancen en el mercado. En términos prácticos es el valor actual de todos los beneficios futuros netos generados por el suelo en forma perpetua (Chacón, 1995). Los precios utilizados fueron del mercado regional, salvo para los productos forestales, que se asumieron los de pino comercializados en la provincia de Misiones por no haber aún en Patagonia oferta de madera de bosques manejados. La tasa de descuento aplicada fue del 7%.

$$(1) \text{ VPS} = \sum \frac{(I_t - C_t) \times (1 + i)^T}{(1 + i)^T - 1}$$

Donde:

I_t y C_t : Ingresos y costos producidos en el año t .

T : Edad de rotación.

i : Tasa de descuento



De los resultados diferenciales de las dos actividades se logró una impresión de las áreas que dentro de los predios tenían mayor potencial forestal frente a la ganadería. Luego se estimó la superficie que podría ser suprimida del uso ganadero para dedicarlo al uso forestal, asumiendo una capacidad de soportar una reducción de los ingresos ganaderos de hasta un 15% del actual, para luego cuantificar el impacto que esta decisión representaba en el resultado operativo anual del productor.

Escenarios de Forestación

Para seleccionar el área a forestar en los predios se asumieron tres supuestos: (a) superficie que represente una reducción temporal de no más del 15% del resultado operativo ganadero, (b) selección de una unidad que concentre una considerable proporción de buena calidad de sitio para pino ponderosa, y (c) que la plantación esté concentrada en bloques para minimizar gastos de alambrado. Con estas consideraciones se evaluaron tres escenarios posibles:

Escenario 1: Forestar toda la superficie en un solo año (250 ha),

Escenario 2: Forestar la superficie en 5 años (50 ha/año),

Escenario 3: Forestar la superficie en fracciones de 10 ha/año.

Para cada escenario se determinó el indicador de rentabilidad predial (VPS) sin forestación y con forestación y los flujos de fondos. Los diferentes escenarios fueron evaluados mediante la comparación de sus flujos de fondos e indicadores de rentabilidad. Además se comparó la situación sin proyecto y con proyecto.

RESULTADOS

Capacidad de Carga Ganadera

En la Figura N° 1 se puede observar la distribución de las clases de carga ganadera de los predios 1 y 2. Estas fueron definidas en función de la evaluación forrajera, de acuerdo al detalle que se observa en el Cuadro N° 1.

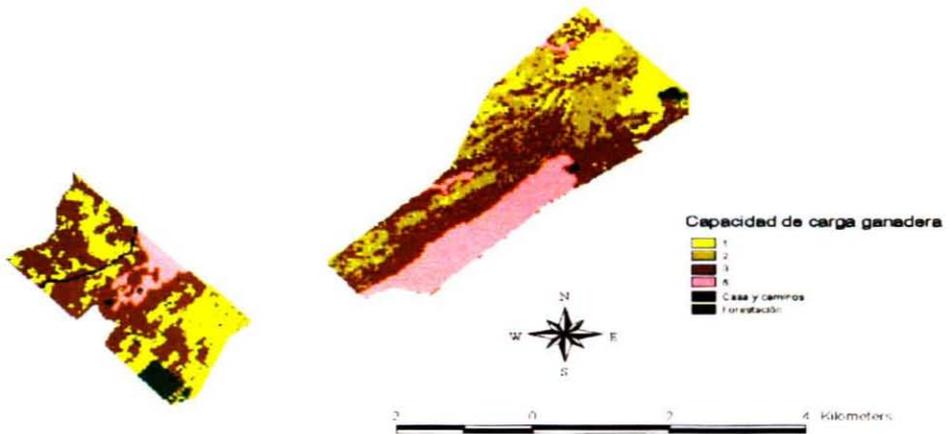


Figura N° 1
DISTRIBUCIÓN DE CLASES GANADERAS SEGÚN CAPACIDAD DE CARGA
PREDIO 1 (IZQ.) Y PREDIO 2 (DER.).

Cuadro N° 1
CARACTERÍSTICAS DE LAS CLASES GANADERAS ESTABLECIDAS

Clase ganadera	Rango de productividad cosechable (Kg MS/ha)	Productividad cosechable de la clase en el predio (Kg MS/ha)	Rango de receptividad de la clase (EV/ha)	Receptividad de la clase en el predio (EV/ha)	Sup. para un rodeo de 300 vacunos (ha)	Productividad ganadera (kg carne/ha/año)
1	<500	399	<0,10	0,081	3.505	11
2	501-700	581	0,10-0,14	0,118	2.408	16
3	701-1.000	824	0,14-0,20	0,167	1.697	23
4	1.001-2.000	1.022	0,20-0,41	0,207	1.369	28
5	>2.000	2.300	>0,41	0,467	608	63

MS: materia seca. EV: equivalente vaca

Calidad de Sitio para Pino Ponderosa a Nivel Predial y Producción Forestal Esperada

En la Figura N° 2 se presenta la distribución de calidades de sitio para pino ponderosa de las tierras forestables y en el Cuadro N° 2 sus respectivas superficies. Se excluyó las áreas

de mallines, no aptas para forestación (amarillo en la Figura N° 2).

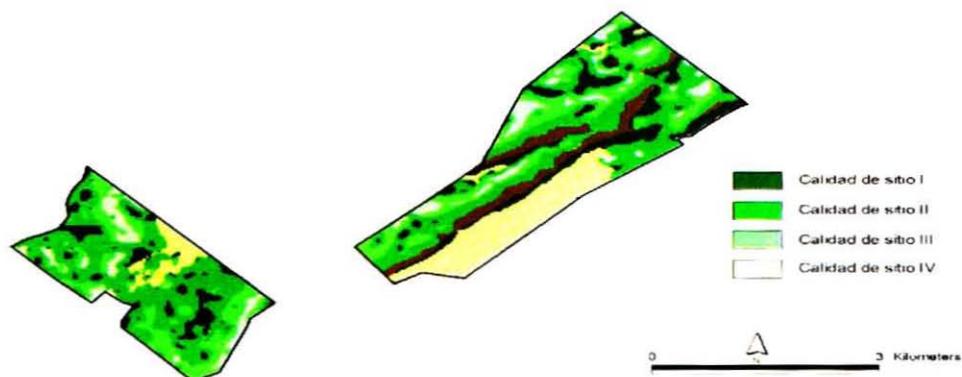


Figura N° 2
COBERTURA DE CALIDADES DE SITIO EN TIERRAS FORESTABLES CON PINO PONDEROSA
PREDIO 1 (IZQ.) Y DEL PREDIO 2 (DER.)

Cuadro N° 2
SUPERFICIES DE CADA CALIDAD DE SITIO PARA PINO PONDEROSA DEL PREDIO 1 Y DEL
PREDIO 2

Calidad de sitio	Predio 1	Predio 2
I	55	102
II	248	239
III	99	141
IV	52	99
Total	454	581

Valores en hectáreas

En el Cuadro N° 3 se indica el volumen de producción esperado del sistema silvicultural para cada calidad de sitio. Se asume que el objetivo productivo en las calidades de sitio I y II es llegar a un diámetro medio de los árboles de 50 cm y en las calidades III y IV a otro de 40 cm. Se aclara que la estimación de la producción forestal es conservadora, ya que resultados preliminares de ensayos de raleo arrojaron mayores incrementos.

Cuadro N° 3
PRODUCCIÓN DE LAS INTERVENCIONES SILVÍCOLAS SEGÚN CALIDAD DE SITIO

Intervención silvícola	N° de árboles/ha	Calidad I y II Volumen (m ³ /ha)	Calidad III y IV Volumen (m ³ /ha)
Raleo pre comercial	360	-	-
1° Raleo	190	51	51
2° Raleo	120	74	
Corta Final	230	441	356
Total	900	566 m³/ha	407 m³/ha
Turno de cosecha		38 y 47 años	49 y 62 años

Zonificación y Escenarios del Proyecto Ganadero-Forestal

La zonificación de las superficies destinadas a la ganadería, con su respectiva capacidad de carga y las superficies liberadas para forestación, con sus respectivas calidades de sitio en cada predio se muestran en la Figura N° 3. El área a forestar resultante es de 250 ha (150 ha en el Predio 1 y 100 ha en el Predio 2).

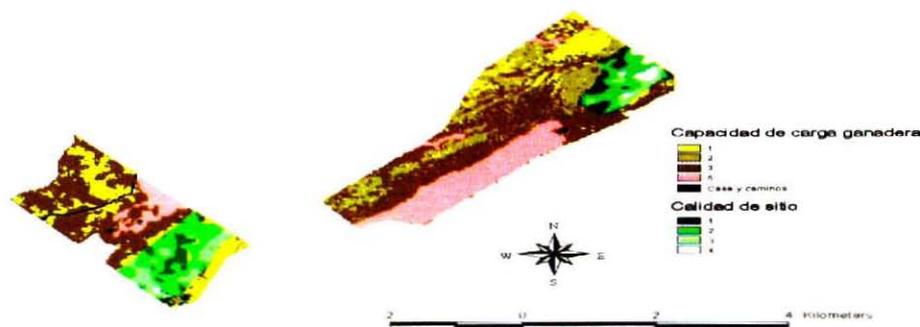


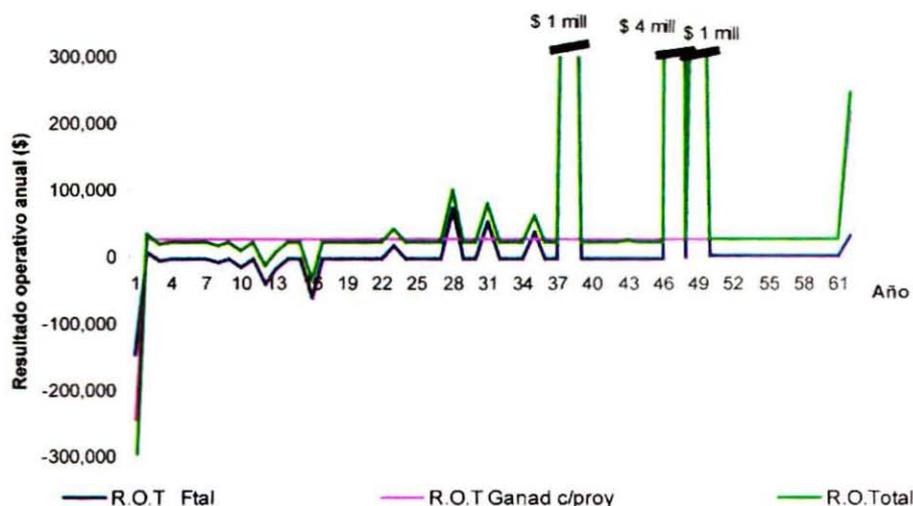
Figura N° 3
ZONIFICACIÓN POTENCIAL PARA USO GANADERO Y FORESTAL SEGÚN CAPACIDAD DE CARGA Y CALIDAD DEL SITIO PREDIO 1 (IZQ) Y PREDIO 2 (DER).

La comparación de los distintos escenarios muestra en todos los casos valores superiores de rentabilidad cuando se incorpora la forestación, lo que indica el efecto favorable

de la diversificación productiva forestal-ganadera. En cuanto a la rentabilidad global, el mayor beneficio se obtiene forestando a razón de 50 ha por año (Cuadro N° 5), la segunda mejor opción es la del escenario 1, efectuando toda la plantación en un solo año (Cuadro N° 4). La menor rentabilidad global se obtiene en el escenario 3, forestando a razón de 10 ha por año (Cuadro N° 6). Aún así, observando el flujo de fondos, para el tamaño del establecimiento analizado y la superficie a forestar, el escenario de 10 ha/año se considera el más conveniente, porque produce el menor efecto sobre la reducción de los ingresos ganaderos anuales y una mejor distribución de los ingresos forestales durante los años de cosecha (Figura N° 6).

Cuadro N° 4
VALOR POTENCIAL DEL SUELO GANADERO Y GANADERO+FORESTAL DEL ESCENARIO 1,
FORESTANDO TODA LA SUPERFICIE (250 ha) EN UN AÑO

Tasa Forestación: 250 ha en 1 año Largo del proyecto: 62 años Superficie total: 250 ha Tasa de descuento: 7%	Sin Forestación	Con Forestación	Incremento de la Rentabilidad (%)
VPS	\$ 144.706	\$ 198.932	37

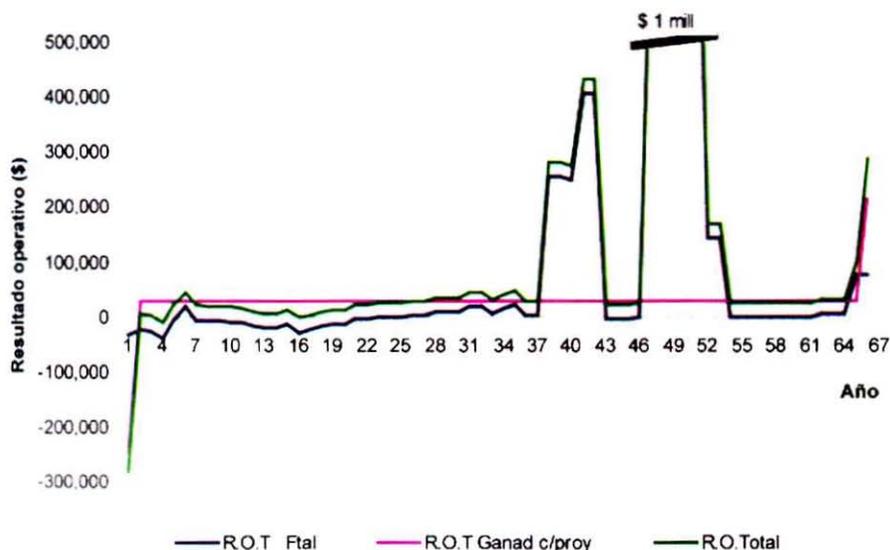


R.O = Resultado operativo Ftal = Forestal Ganad = Ganadero Total = Forestal + Ganadero

Figura N° 4
FLUJO DE CAJA DEL ESCENARIO 1, FORESTANDO TODA LA SUPERFICIE (250 ha) EN UN AÑO

Cuadro N° 5
VALOR POTENCIAL DEL SUELO GANADERO Y GANADERO+FORESTAL DEL ESCENARIO 2,
FORESTANDO 50 HA/AÑO DURANTE 5 AÑOS

Tasa Forestación: 50 ha/año Largo del proyecto: 66 años Superficie total: 250 ha Tasa de descuento: 7%	Sin forestación	Con forestación	Incremento de la rentabilidad (%)
VPS	\$ 144.970	\$ 229.735	58

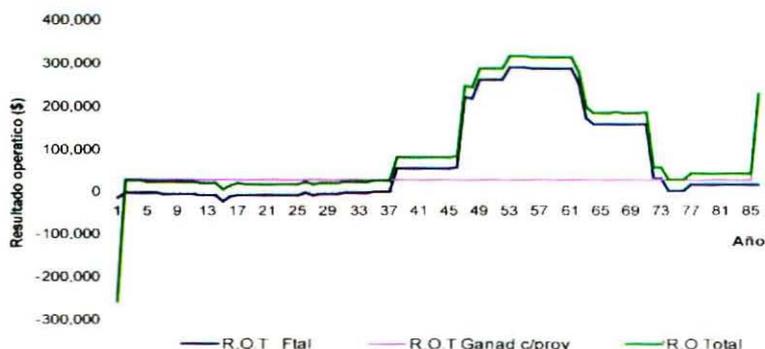


R.O. = Resultado operativo: Ftal = Forestal; Ganad = Ganadero; Total = Forestal + Ganadero

Figura N° 5
FLUJO DE CAJA DEL ESCENARIO 2, FORESTANDO 50 ha/AÑO DURANTE 5 AÑOS

Cuadro N° 6
VALOR POTENCIAL DEL SUELO GANADERO Y GANADERO+FORESTAL DEL ESCENARIO 3,
FORESTANDO 10 HA/AÑO

Tasa Forestación: 10 ha/año Largo del proyecto: 86 años Superficie total: 250 ha Tasa de descuento: 7%	Sin forestación	Con forestación	Incremento de la rentabilidad (%)
VPS	\$ 145.592	\$ 184.438	27



R.O = Resultado operativo; Ftal = Forestal; Ganad = Ganadero; Total = Forestal + Ganadero

Figura N° 6
FLUJO DE CAJA DEL ESCENARIO 3, FORESTANDO 10 HA/AÑO

CONCLUSIONES

La evaluación a nivel predial de la capacidad de carga animal y de las distintas calidades de sitios para forestación resulta adecuada para zonificar los predios y definir áreas de forestación en campos ganaderos.

La posibilidad de forestar una porción del campo que presenta baja capacidad de carga ganadera, sea por sus condiciones ambientales o por su estado de degradación, asumiendo una reducción en los ingresos por la actividad ganadera en no más del 15% (de no mediar incorporación de tecnología ganadera), incrementa los ingresos prediales sustancialmente desde el momento de la cosecha forestal.

En el presente estudio de caso, la reducción del ingreso en menos del 15%, libera 250 ha de relativamente baja productividad ganadera, pero de buena calidad de sitio para forestaciones de pino ponderosa.

El programa anual de plantaciones resulta determinante para las necesidades de financiamiento y la distribución de ingresos futuros. El mayor incremento de la rentabilidad se produce forestando 50 ha/año, sin embargo, dada la pequeña escala de las forestaciones, los menores efectos sobre la reducción del ingreso predial se producen cuando las plantaciones se distribuyen a lo largo de varios años (escenario 3). Ello ocasiona una mayor regularidad de las cosechas y también en la obtención de los beneficios netos.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece al propietario de la tierra por permitir realización del estudio en su establecimiento y al programa de "Lucha contra la desertificación en la Argentina ", Convenio SAyDS-INTA-GTZ, por el soporte financiero en el marco de los pequeños proyecto PAN-GTZ.

REFERENCIAS

- Andenmatten y Letourneau. 2003** Predicción y proyección del rendimiento de pino ponderosa en las provincias de Chubut y Río Negro, Argentina. Revista de Ciencias Forestales: Quebracho 10: 14-25.
- Chacón, I. 1995.** Decisiones Económico-Financieras en el Manejo Forestal. Serie Ciencia y Tecnología. Universidad de Talca, Chile. 248 pp.
- Golluscio R.; Deregibus A. y Paruelo, J. 1998,** Sustentabilidad y manejo de pastizales en la Estepa Patagónica. Ecología Austral 8: 265-284.
- Gonda, H. 2001.** Ficha Técnica: Manejo de Pino Ponderosa. Revista Patagonia Forestal. CIEFAP. Año VII N° 3. Pagina 7.
- Guitart, E.; Ferig, M.; Bottaro, H.; Buratovich, O. y Villa, M. 2004.** Diagnóstico productivo orientado a establecer la capacidad del sector ganadero del N-O del Chubut para involucrarse y sostener un proyecto de diferenciación por calidad del producto carne vacuna. Programa de Desarrollo Local. Esquel.
- Jouve V. y Paruelo, J. 1999.** Calibración de la relación IVN-PPNA para un gradiente de precipitaciones en la Región Patagónica. XIX Reunión Argentina de Ecología, Tucumán
- Letourneau, F.J. 1996.** Curvas de perfil de fuste para la estimación de diámetros con corteza a distintas alturas para pino ponderosa (*Pinus ponderosa* (Dougl.) Laws. Inédito. Seminario. Facultad de Ingeniería Forestal. Universidad Nacional de la Patagonia. 11 p.
- Loguercio, G.; Lencinas J. y Antequera, S. 2004.** Proyecto PIA 05/02: Bases Estratégicas para Proyectos de Forestación en la Patagonia como un Mecanismo para un Desarrollo Limpio. Estudio de Caso en la Provincia del Chubut. Proyecto Forestal de Desarrollo (SAGPyA) - CIEFAP.
- Loguercio G. y Deccechis, F. 2006.** Forestaciones en la Patagonia Andina: potencial y desarrollo alcanzado. Patagonia Forestal. 12 (1)4-6; 12(2)4-8.
- Oosterheld, M.; Sala, O. y Mc Naughton, S. 1992.** Effect of animal husbandry on herbivore-carrying capacity at a regional scale. Nature 356: 234-236.
- Paruelo, J.; Epstein, N.; Lauenroth, W. y Burke, J. 1997.** ANPP estimates from NDVI for the Central Grassland Region of Unites States. Ecology 78: 953-958.

FUNCTIONAL ECOLOGY OF *Nothofagus pumilio* REGENERATION IN RELATION TO LIGHT AVAILABILITY

Martinez Pastur, Guillermo¹; Lencinas, María Vanessa¹ and Peri, Pablo Luis²

SUMMARY

The silvicultural proposals for *Nothofagus pumilio* forests are mainly based on canopy open to stimulate regeneration growth by modifying water and light availability at understory level. Seedlings and saplings often survive as tolerant species and grow slowly for a long time (up to 20 years) under shaded overstory. However, when canopy is open by harvesting or wind-throws, young trees acting as intolerant species and can quickly colonize the opened areas.

The objective was to make a comparative and functional approach analyzing morphological and physiological characteristics of *N. pumilio* seedlings, growing in a pre-defined light gradient under controlled conditions of irrigation and temperature. Seedlings of 2-3 years were collected in a closed canopy natural stand during September. Then, they were transferred to pots under a greenhouse, where three light levels were assayed (4%-26%-64% of the total natural incident light). Irrigation was made manually, maintaining a soil humidity of 40-60% soil capacity, while temperature was controlled through forced ventilation (less than 24°C). Thirty six plants in 6 clusters per each treatment were measured during January (height, number, size and shape of leaves, branch number and insertion angle), while 6 plants (one per cluster) was selected for physiological parameters measurement (dark respiration rate, light compensation point, photochemical efficiency, light saturation point and chlorophyll content). Photo-respiration was measured using an infra red gas analyzer of CO₂ model S151 of Qubit System Inc. with a leaf chamber of 9 cm². Twenty-three variables related with three functional levels (leaf, shoot and crown, whole plant) were analyzed.

At leaf level, most of physiological variables were higher in luminous treatment, while biometric variables were higher in middle light treatment. This last treatment has more chlorophyll a-b (0.033 and 0.011 mg/cm²), while luminous treatment has more carotenoids (0.010 mg/cm²). However, dark treatment presented the lower specific leaf mass (0.0007 g/cm²). At shoot and crown level, no differences were found in branch number and insertion angle, but plants growing in middle light treatment were taller than the others (17 cm compared to 12 cm). At whole plant level, best values were found in middle light treatment. However, the higher leaf area ratio was measured in dark treatment (389 cm²/g).

Nothofagus pumilio seedlings have morphological and physiological characteristics related to tolerant species, but could quickly change to those adapted to intolerant species when the light availability increases. It is necessary to make comparative and functional models to develop better silvicultural treatments which maximize the seedling potential during the installation and early growth phase.

Key words: *Nothofagus pumilio*, Physiology, light

¹ CADIC-CONICET. Argentina. cadicforestal@cadic.gov.ar.

² INTA-UNPA-CONICET. Argentina. pperi@correo.inta.gov.ar.

ECOLOGÍA FUNCIONAL DE LA REGENERACIÓN DE LENGUA (*Nothofagus pumilio*) RESPECTO A LA DISPONIBILIDAD DE LUZ

RESUMEN

Las propuestas silvícolas de los bosques de *Nothofagus pumilio* se basan en la apertura del dosel para estimular el crecimiento de la regeneración, cambiando la disponibilidad de agua y luz. Las plántulas sobreviven como si fueran especies tolerantes y crecen lentamente por largo tiempo (más de 20 años) bajo altas coberturas. Sin embargo, cuando el dosel se abre debido a la cosecha o volteos por viento, la regeneración reacciona como una especie intolerante, colonizando rápidamente los sectores abiertos.

El objetivo del estudio fue efectuar una comparación, analizando las características fisiológicas y morfológicas de plántulas de *N. pumilio*, creciendo en un gradiente de luz bajo condiciones controladas de riego y temperatura. Para ello, en septiembre se colectaron plántulas de 2-3 años del bosque en rodales de alta cobertura, las que fueron transplantadas a macetas en invernadero, ensayando tres niveles de luz (4%-26%-64% de la luz incidente natural). El riego se realizó manualmente, dejando una humedad en el suelo de 40-60% de la capacidad de campo, mientras que la temperatura se controló por ventilación forzada (menor a 24°C). En enero se midieron 36 plantas divididas en seis clusters por tratamiento (altura, número, tamaño y forma de las hojas, número y ángulo de inserción de ramas), mientras que 6 plantas (una por cluster) fue seleccionada para la medición de los parámetros fisiológicos (respiración en oscuridad, punto de compensación lumínico, eficiencia fotoquímica, punto de saturación lumínico y contenido de clorofila). La fotorrespiración fue medida con un IRGA³ de CO₂ modelo S151 de Qubit System Inc. con una cámara de 9 cm². Se analizaron 23 variables relacionadas con tres niveles funcionales (hojas, copas, planta entera).

Al nivel de hojas, los mayores valores de variables fisiológicas fueron en el tratamiento con mayor luz, mientras que las variables biométricas fueron mayores en el tratamiento intermedio. Este último presentó mayor clorofila a-b (0,033 y 0,011 mg/cm²), mientras que el tratamiento con más luz tuvo más carotenoides (0,010 mg/cm²). Asimismo, el tratamiento más oscuro tuvo menor masa específica de hojas (0,0007 g/cm²). A nivel de copas no se encontraron diferencias en número de ramas o ángulo de inserción. Sin embargo, las plantas que crecieron en el tratamiento intermedio fueron más altas (17 cm contra 12 cm). A nivel de planta entera, los valores más adecuados se encontraron en el tratamiento intermedio. Sin embargo, la mayor relación de área foliar se midió en el tratamiento con menor luz (389 cm²/g).

Las plántulas del bosque de *Nothofagus pumilio* poseen características morfológicas y fisiológicas que las relacionan con las especies tolerantes, pero que pueden cambiar rápidamente a las de una especie intolerante cuando la disponibilidad de luz se incrementa. Es necesario realizar modelos comparativos y funcionales para desarrollar mejores métodos silvícolas que maximicen el potencial de la regeneración durante la instalación y la fase de crecimiento inicial.

Palabras clave: *Nothofagus pumilio*, fisiología, luz

³ IRGA: Analizador de gases infrarrojo (Nota del Editor)

INTRODUCTION

Seedlings of *Nothofagus* species often survive and grow slowly for very long time periods in the shaded understory (Rebertus and Veblen, 1993), creating a seedling bank (Cuevas and Arroyo, 1999) with a potential advantage in reestablishing canopy disturbances after the opening of gaps due to windstorms, ice damage, timber harvesting or beaver engineering (Veblen, 1989; Rebertus and Veblen, 1993; Gutiérrez 1994; Rebertus *et al.*, 1997; Heinemann *et al.*, 2000; Martinez Pastur *et al.*, 2000; 2006; Anderson *et al.*, 2006). However, while it is generally accepted that these forests regenerate in a gap dynamic from an established seedling bank, the eco-physiological factors that determine the seedling bank itself are much less known. After timber harvest, the survival of the seedling bank and its rapid growth depends on the acclimation to the new micro-climatic conditions (Tognetti *et al.*, 1998). Photosynthesis is one of the most important physiological parameter for all plant growth (Kramer and Kozlowski, 1979). Therefore, in this study the objective was to make a comparative and functional approach analyzing morphological and physiological characteristics of *N. pumilio* seedlings, growing in a pre-defined light gradient under controlled conditions of irrigation and temperature.

MATERIALS AND METHODS

Two to three year old *Nothofagus pumilio* seedlings from 6-7 cm in height were obtained from the understory in natural primary forests (54°06' S, 68°37' W). The seedlings were collected in stands with high canopy cover (94% ± 5% SE) at the beginning of the spring. Seedlings were transplanted into plastic pots with 14 cm diameter and 15 cm height, which were filled with a substrate of peat – sand – humic forest soil (1:1:1). Field capacity was determined gravimetrically with the water content after two days of abundant irrigation. Plants were kept in a greenhouse at Ushuaia city (Tierra del Fuego) (54°46' S, 68°12' W) under three light intensity treatments (4%, 26% and 64% of the natural incident irradiance). Temperature was controlled through forced ventilation avoiding more than 24°C at plant canopy level. Irrigation was done manually, maintaining half of the plants under a soil humidity of 40-60% soil capacity, while the other half was grown under 80-100% soil capacity.

Six treatments were defined (three light intensity levels and two soil water contents), consisting in six repetitions with 20 plastic bags each. During the first week of each month (October to March) one plastic bag per repetition per treatment was randomly chosen for the measurements. The CO₂ gas exchanges were measured using an infra red gas analyzer (Model S151 - Qubit Systems - Canada) with a 9 cm² leaf chamber and electronic thermal mass flowmeter. The measurements were taken in controlled laboratory conditions (12-14°C in complete darkness) after an 8 hours acclimatization period of the plants to the new environmental conditions. Leaf chamber temperature was 19.6°C ± 2.9°C SE, and the supplied air humidity was 44.8% ± 7.2% SE, while air CO₂ concentration was 315 ppm ± 43 ppm SE. Air supply was taken from outside and varied according to climatic conditions during the growing season.

Leaf phenology was determined in all treatments along the studied period. Phenological stages were defined as bud sprouting (S), leaf aperture (E1), leaf expansion (E2), leaf reddening (R) and leaf fall (F). The first open leaf (October) and the newly full expanded leaf (November to March) per plant were selected for the measurements. To develop the photosynthetic light

response curves, ten irradiance levels were assayed (0, 25, 50, 75, 100, 200, 300, 500, 750 and 1000 $\mu\text{mol quanta}/\text{m}^2\cdot\text{s}$). The leaves were allowed 3-5 min to acclimatize to light intensity changes. CO_2 measurements were taken 500 times/min and data were acquired when the concentrations were stabilized at least 150 times with a variation of ± 1 ppm. In each curve, the rate of dark respiration ($\mu\text{mol CO}_2/\text{m}^2\cdot\text{s}$) (*RDR*), photochemical efficiency ($\mu\text{mol CO}_2/\mu\text{E}$) (*PE*), net assimilation rate ($\mu\text{mol CO}_2/\text{m}^2\cdot\text{s}$) (*NAR*), light compensation point ($\mu\text{E}/\text{m}^2\cdot\text{s}$) (*LCP*) and light saturation point ($\mu\text{E}/\text{m}^2\cdot\text{s}$) (*LSP*) were derived. Data were subjected to an analysis of variance, where means were separated through a Tukey multiple range test at $p \leq 0.05$.

RESULTS

The rate of dark respiration significantly varied during the growing season and with light intensity treatments (Table N° 1). It was lower at the beginning and the end of the experiment (-0.7 to -0.8 $\mu\text{mol CO}_2/\text{m}^2\cdot\text{s}$), compared to the other months (-1.6 to -1.8 $\mu\text{mol CO}_2/\text{m}^2\cdot\text{s}$). The rate of dark respiration increased with the light intensity treatment from -0.9 to -1.7 $\mu\text{mol CO}_2/\text{m}^2\cdot\text{s}$. Photochemical efficiency significantly varied over the growing season and with light intensity treatments as well. It increased from the early spring (0.02 $\mu\text{mol CO}_2/\mu\text{E}$) to the mid-summer (0.08 $\mu\text{mol CO}_2/\mu\text{E}$) and decreased before the end of the growing season (0.06 $\mu\text{mol CO}_2/\mu\text{E}$). Photochemical efficiency was significantly different between low light intensity treatment (0.05 $\mu\text{mol CO}_2/\mu\text{E}$) and the others (0.06-0.07 $\mu\text{mol CO}_2/\mu\text{E}$). The net assimilation rate significantly varied among the three studied factors (Table 1). As for photochemical efficiency, values increased from the beginning of the growing season (2.1 $\mu\text{mol CO}_2/\text{m}^2\cdot\text{s}$) to mid-summer (9.7 $\mu\text{mol CO}_2/\text{m}^2\cdot\text{s}$) and then decreased in March (7.3 $\mu\text{mol CO}_2/\text{m}^2\cdot\text{s}$). In the dry soil treatment, the net assimilation rate was significantly higher (7.9 $\mu\text{mol CO}_2/\text{m}^2\cdot\text{s}$) than the wet treatment (6.7 $\mu\text{mol CO}_2/\text{m}^2\cdot\text{s}$). As in photochemical efficiency, the net assimilation rate was significantly different among the low light intensity treatment (5.1 $\mu\text{mol CO}_2/\text{m}^2\cdot\text{s}$) and the others (8.3-8.4 $\mu\text{mol CO}_2/\text{m}^2\cdot\text{s}$). The light compensation point significantly varied over the growing season and light intensity treatments (Table 1), being highest in the early spring (28.5 $\mu\text{E}/\text{m}^2\cdot\text{s}$) and then decreasing up to a minimum at the end of the growing season (12.3 $\mu\text{E}/\text{m}^2\cdot\text{s}$). This variable was significantly different between the high light intensity treatment (30.3 $\mu\text{E}/\text{m}^2\cdot\text{s}$) and the lower light intensity treatments (12.5-16.5 $\mu\text{E}/\text{m}^2\cdot\text{s}$). Also, the light saturation point varied significantly over the growing season and light intensity treatments, with minimum values in the early spring (276 $\mu\text{E}/\text{m}^2\cdot\text{s}$) and then increased during the growing season reaching 530 $\mu\text{E}/\text{m}^2\cdot\text{s}$. This variable increased with the light intensity treatment from 328 to 549 $\mu\text{E}/\text{m}^2\cdot\text{s}$. Significant interactions were found in four variables mainly due to different value increments between main factors (Table 1) and changes in the treatment with the highest values along the growing season, e.g. the low light intensity treatment had higher photosynthetic rate values at low irradiances, while high light intensity treatment had higher photosynthetic rate values at high irradiances.

The lighter treatment has more chlorophyll a-b (0.033 and 0.011 mg/cm^2), while luminous treatment has more carotenoids (0.010 mg/cm^2). However, dark treatment presented the lower specific leaf mass (0.0007 g/cm^2). At shoot and crown level, no differences were found in branch number and insertion angle, but plants growing in middle light treatment were taller than the others (17 cm compared to 12 cm). At whole plant level, best values were found in middle light treatment. However, the higher leaf area ratio was measured in dark treatment (389 cm^2/g) (Table N° 2).

Light intensity and soil water content treatments presented different responses when were compared their photosynthetic light response curves, e.g., during the month with the maximum net assimilation rate. The low light intensity treatment had a higher photosynthetic rate in low irradiance levels (75-100 $\mu\text{mol quanta/m}^2\cdot\text{s}$) in both soil water content treatments. In the dry treatments, as well as the medium and high light intensity treatments, the photosynthetic rate at high irradiance levels (up to 100 $\mu\text{mol quanta/m}^2\cdot\text{s}$) was significantly higher than the low light intensity treatment. The photosynthetic rate of the high light intensity treatment was affected by the wet soil water content treatment, decreasing its values and response. The obtained values were intermediate between the medium and low light intensity treatments. Finally, no significant photo-inhibition was observed in the assayed treatments in the highest irradiance levels.

Table N° 1

ANOVA OF CO₂ GAS EXCHANGE OF *Nothofagus pumilio* SEEDLINGS, CONSIDERING SOIL WATER CONTENT, LIGHT INTENSITY AND MONTH AS MAIN FACTORS, AND RATE OF DARK RESPIRATION ($\mu\text{mol CO}_2/\text{m}^2\cdot\text{seg}$) (RDR), PHOTOCHEMICAL EFFICIENCY ($\mu\text{mol CO}_2/\mu\text{E}$) (PE), NET ASSIMILATION RATE ($\mu\text{mol CO}_2/\text{m}^2\cdot\text{seg}$) (NAR), LIGHT COMPENSATION POINT ($\mu\text{E}/\text{m}^2\cdot\text{seg}$) (LCP) AND LIGHT SATURATION POINT ($\mu\text{E}/\text{m}^2\cdot\text{seg}$) (LSP) AS DEPENDENT VARIABLES.

Main effects	RDR	PE	NAR	LCP	LSP
Soil water content					
Dry	-1.30a	0.064a	7.89b	19.58a	450.00a
Wet	-1.37a	0.059a	6.68a	19.95a	431.94a
Light intensity					
Low	-0.89c	0.051a	5.11a	12.49a	327.78a
Medium	-1.41b	0.065b	8.34b	16.55a	446.18b
High	-1.72a	0.069b	8.41b	30.25b	548.95c
Month					
October	-0.68b	0.024a	2.08a	28.47c	275.69a
November	-1.84a	0.054b	6.48b	23.71bc	488.19bc
December	-1.60a	0.074cd	8.73cd	15.04a	388.19ab
January	-1.57a	0.083d	9.71d	19.41ab	474.30bc
February	-1.55a	0.072cd	9.45d	19.64ab	488.88bc
March	-0.79b	0.063bc	7.26bc	12.33a	530.55c

Values followed by different letters are significantly different with Tukey multiple range test ($p < 0.05$)

Significance of main effects. RDR = Soil water content F: 0.37 p: 0.545, Light intensity F: 21.03 p: 0.000, Month F: 13.86 p: 0.000, Soil water content x Light intensity F: 0.08 p: 0.922, Soil water content x month F: 0.72 p: 0.609, Light intensity x month F: 3.52 p: 0.001, Soil water content x Light intensity x month F: 0.67 p: 0.748. PE = Soil water content F: 2.72 p: 0.101, Light intensity F: 10.93 p: 0.000, Month F: 27.02 p: 0.000, Soil water content x Light intensity F: 3.81 p: 0.023, Soil water content x month F: 1.40 p: 0.226, Light intensity x month F: 4.18 p: 0.000, Soil water content x Light intensity x month F: 0.78 p: 0.644. NAR = Soil water content F: 11.50 p: 0.001, Light intensity F: 37.96 p: 0.000, Month F: 42.85 p: 0.000, Soil water content x Light intensity F: 9.71 p: 0.001, Soil water content x month F: 2.73 p: 0.021, Light intensity x month F: 5.46 p: 0.001, Soil water content x Light intensity x month F: 2.28 p: 0.015. LCP = Soil water content F: 0.05 p: 0.828, Light intensity F: 39.55 p: 0.000, Month F: 7.73 p: 0.000, Soil water content x Light intensity F: 0.51 p: 0.603, Soil water content x month F: 0.59 p: 0.704,

Light intensity x month F: 0.50 p: 0.889, Soil water content x Light intensity x month F: 0.92 p: 0.519, LSP = Soil water content F: 0.44 p: 0.509, Light intensity F: 21.90 p: 0.000, Month F: 7.82 p: 0.000, Soil water content x Light intensity F: 1.20 p: 0.302, Soil water content x month F: 1.73 p: 0.130, Light intensity x month F: 2.87 p: 0.002, Soil water content x Light intensity x month F: 0.81 p: 0.617.

Table N° 2

ANOVA OF BIOMETRICS AND PHYSIOLOGICAL VARIABLES OF *Nothofagus pumilio* SEEDLINGS, CONSIDERING LIGHT INTENSITY LEVELS.

Variables	Low	Medium	High	F	p
Height (cm)	12.42a	16.87b	12.04a	8.51	0.0034
Leaves number	7.93a	12.00b	11.26b	7.66	0.0051
Leaf size (cm)	2.43b	2.92c	2.12a	16.15	0.0000
Leaf shape (cm/cm)	1.27a	1.35a	1.29a	3.18	0.0706
Leaves biomass (gr/plant)	0,059a	0,164b	0,083a	17.27	0.0001
Foliar area (cm ² /plant)	85.6b	138.1c	39.1a	16.94	0.0001
Specific leaf mass (gr/cm ²)	0.0007a	0.0012b	0.0022c	120.46	0.0000
Foliar area rate (cm ² /gr)	389.5c	294.2b	129.2a	39.73	0.0000
Branch number	0.30a	0.56a	0.66a	2.72	0.0979
Insertion branch angle (°)	42.5a	44.25a	42.5a	0.02	0.9768
Chlorophyll a (mg/cm ²)	0.0215a	0.0331b	0.0291b	9.14	0.0025
Chlorophyll b (mg/cm ²)	0.0088a	0.0112a	0.0109a	1.15	0.3423
Carotenoids (mg/cm ²)	0.0065a	0.0095b	0.0107b	14.79	0.0003

Values followed by different letters are significantly different with Tukey multiple range test ($p < 0.05$)

DISCUSSION

Usually, phenology is related to photoperiod, as well as air and soil temperatures (Lechowicz, 1984). The differences observed in the phenology between treatments were due to light intensities and soil water contents. The influence was greater in treatments with a better net assimilation rate, affecting the extent of reddening and leaf aperture. The leaf phenology in the experimental conditions was comparable to the natural growing conditions (Rusch, 1993; Barrera *et al.*, 2000), except for leaf aperture, which was more concentrated at the beginning of the summer in the natural forests.

The light compensation point is known to vary based on species, genetics, leaf type, leaf age, CO₂ air concentration and temperature (Kramer and Kozlowski, 1979). In our experiment, the light compensation point was higher at the beginning of the growing season due to the incomplete development of the photosynthetic structures, and decrease in old tissues. In contrast, the light saturation point increased through the growing season. Leaves do not begin to contribute to the carbon budget of the plant until they are about half expand, which occur earlier in temperate deciduous than in tropical evergreen trees (Hiege *et al.*, 2002).

Water stress influences metabolism, physiology and morphology in plants. Water-

logging causes inadequate aeration in soil, leading to rapid depletion of oxygen, which induces many physiological and morphological changes, affects mineralization and solubility of mineral substances, and leads to the formation of phytotoxic compounds (Sun *et al.*, 1995) that cause drying of leaves and a reduction in photosynthesis (Kramer and Kozlowski, 1979). In our study, phenology was affected by soil water content with leaf aperture lasting longer in the treatments with higher net assimilation rates. For *Nothofagus pumilio*, soils with high humidity were unfavorable compared to drier ones (40-60% soil capacity), decreasing the photosynthetic performance in higher light levels. For several oak species, the effects on seedling performance of a dry or wet summer vary under different light and competition conditions. Although rate of photosynthesis with competitors increase in the shade under dry conditions, it tend to decline in the shade under wet conditions (Davis *et al.*, 1999). In *N. solandri* and *N. menziesii*, the rate of net photosynthesis diminishes about 60-65% in severe water-logged conditions (Sun *et al.*, 1995). Regeneration of *N. pumilio* is produce mainly through gap dynamics (Veblen, 1989) due to the light availability under the overstory. Another limiting factor in this response is the water stress, which could switch the processes from a light- to a water-limited system (Heinemann *et al.*, 2000; Heinemann and Kitzberger, 2006).

In the study, phenology was affected by the light intensities, where leaf aperture was more extended in time in the medium light level. In the higher light level treatments leaf reddening occurs due to the higher carotenoid production or chlorophyll degradation (Larcher, 2003; Hormaetxe *et al.*, 2004). The rate of dark respiration was correlated with light intensities due to the demand of metabolic energy increases in the plant tissues growing in lighted environments. Lichtenthaler *et al.* (1981) report an increase of 3.1x in sun exposed compared to shaded leaves of *Fagus*, while our increase was on the order of 1.9x. Heliophytic tree species have characteristics that favor high-light growth, which include higher relative growth rates and higher respiration under all environmental conditions (Larcher, 2003; Kneeshaw *et al.*, 2006; Niinements, 2006).

The speed of the light reactions is the limiting factor for the photosynthesis process. A steep slope in the light-response curve is an expression of high quantum yield (Larcher, 2003). In this study, the photochemical efficiency and net assimilation rate were related to light availability, as was found in other studies (Tognetti *et al.*, 1998; Larcher, 2003). Seedlings and saplings of *N. pumilio* can grow and survive with low light intensities (Rebertus and Veblen, 1993; Cuevas and Arroyo, 1999), which is the main limiting factor to achieve greater growth rates (Heinemann *et al.*, 2000).

Plants that respire intensely require more light for compensation than those with weaker respiration (Larcher, 2003). The shaded leaves have lower light compensation points than sun-exposed leaves (Kramer and Kozlowski, 1979; Larcher, 2003), as was observed in our study, which was related to the achieved rate of dark respiration. Additionally, the light saturation point was related to light intensities also, due to the photosynthetic structures developed in environments with more light, which are more efficient in light use. In a study of the genus *Fagus*, Lichtenthaler *et al.* (1981) found an increase of 2.5x and 1.9x in sun-exposed compare to shaded leaves for light compensation point and light saturation point respectively, while in our study the values were 2.4x and 1.7x. It is often stated that most plants are light saturated for photosynthesis at one-fourth to one-half of full sunlight (Kramer and Kozlowski, 1979). However, in our experiments it was necessary 14x, 3x and 1.5x more light in the low, medium and high light

level treatments, respectively, to saturate photosynthesis, compared to the average available to each treatment type. The photosynthetic rate efficiency was lower in the high light treatment at lower irradiances ($<100 \mu\text{mol quanta/m}^2\cdot\text{s}$) compared to the other treatments, but it was more efficient at higher irradiances in dry soil water content treatment, and lower in wet.

In forest ecosystems, in both natural and managed stands, acclimation to changing conditions plays a major role in tree recruitment and competition processes. The increase in resource availability can lead to differences in photosynthetic characteristics, leaf anatomy and whole plant growth. The overall response of tree seedlings to canopy opening depends upon their ability to endure sudden exposure to the new conditions in managed forests (Tognetti *et al.*, 1998; Heinemann *et al.*, 2000).

Nothofagus pumilio primary forests have high crown closure, which retains a large percentage of the rainfall (13-25% for interception and 15-50% for evapotranspiration) and diminishes the light availability at the understory level (Frangi and Richter, 1994; Caldenty *et al.*, 2005). Inside the primary forests a great variability of micro-environment conditions can be found, ranging from high shaded sites (such as our low light intensity treatment) to small patches in the canopy with more light availability (comparable to our medium light intensity treatment). The soil water content can reach up to 50-60% of capacity during the late spring and summer (Mormeneo *et al.*, 2004) in better quality sites in southern Patagonian primary forests (Martinez Pastur *et al.*, 1997), which was quite similar to our dry treatment. These primary forests have no long-term seed bank. The seed-fall is produced at the beginning of the autumn before leaf-fall, and seeds germinate during the spring of the same year. So, this creates a seedling bank (Cuevas and Arroyo, 1999), which often survives and grows slowly for a long time in the shaded understory (Rebertus and Veblen, 1993). These seedlings are adapted to this limited light resource environment, developing photosynthetic machinery that allows them to grow and survive waiting for a canopy opening. Generally, in temperate boreal forests shade tolerant tree saplings may survive 7-20 years in deeply shaded understories with 0.2-1 m in height (Niinemets, 2006), while *Nothofagus pumilio* seedlings survive less than 20 years with no more than 0.5 m height (Martinez Pastur *et al.*, 1999; Gea *et al.*, 2004). Due to the low growth rate, the probability of seedling mortality increases with their size, because more energy is allocated to support non-photosynthetic tissue, including greater allocation to fine roots, mechanical support and more complex branch architecture (Kneeshaw *et al.*, 2006).

Information to date suggests that acclimation to a high light environment is species dependent, and likely related to the plants successional stage (Reynolds and Frochot, 2003). If we considered the pure natural *Nothofagus pumilio* forests of southern Patagonia, the seedlings are the main woody component of the understory, constituting the pioneer species after large disturbances and the climax species of the final succession. For this reason, many authors classified it as a shade intolerant species (Richter and Frangi, 1992; Veblen *et al.*, 1997). However, when we analyzed its photosynthesis performance, we determined that the species can be considered as mid-tolerant, due to the shade tolerance in early development stages and for the fact that it reaches the maximum photosynthesis efficiency at relatively low light levels (26% of the natural incident irradiance). *N. pumilio* is not a shade tolerant species, as it is not able to reproduce and survive for long periods of time under closed canopy. Nor is it shade intolerant, due to the fact that its photosynthesis performance is not significantly improved in

high light environments. Gutiérrez (1994) suggest that Fuegian *Nothofagus* species are mid-tolerant due to their colonization abilities.

The photosynthesis performance of *N. pumilio* seedlings along light intensity and soil water content gradients has important implications for forest management. In mesic *N. pumilio* forests, small- to moderate-sized gaps typically result in abundant regeneration, while in drier conditions soil moisture is a dominant factor and regeneration only occurs under special conditions (Heinemann *et al.*, 2000). According to these results, the established seedlings of *N. pumilio* forests have the capacity to quickly adapt to the new environmental conditions generated by forest management practices. Gradual openings in the canopy of the overstory appears to be the most convenient (e.g., shelterwood cuts in Chile), due to the fact that seedlings in the understory reach their maximum photosynthetic potential. Water availability positively controls seedling survival and growth in the xeric forest, while in the mesic forest, survival and growth are differentially controlled by water and light availability, respectively (Heinemann and Kitzberger, 2006).

CONCLUSIONS

Natural *Nothofagus pumilio* seedlings grow below their optimum photosynthetic potential in the understory, and quickly acclimate to dramatic changes in the forest structure acting as pioneer plants in the succession process that follows. This photosynthesis acclimation allows the adaptation to several silvicultural proposals. However, small apertures in the canopy are enough to attain the maximum photosynthetic performance. These findings must be combined with morphological variables obtained at whole-plant, shoot, crown and leaf levels, e.g., medium and high light intensity treatments presented the same photosynthesis efficiency, but if it is combined with the foliar area, the achieved growth could be different. Finally, it is necessary to compare this results of light and soil water performance with natural regeneration patterns and forest dynamics.

REFERENCES

- Anderson, C.B.; Griffith, C.R.; Rosemond, A.D.; Rozzi, R. and Dollenz, O. 2006.** The effects of invasive North American beavers on riparian plant communities in Cape Horn, Chile: Do exotic beavers engineer differently in sub-Antarctic ecosystems? *Biol. Conserv.* 128(4): 467-474.
- Barrera, M.D.; Frangi, J.L.; Richter, L.; Perdomo, M. and Pinedo, L. 2000.** Structural and functional changes in *Nothofagus pumilio* forests along an altitudinal gradient in Tierra del Fuego, Argentina. *J. Veg. Sci.* 11: 179-188.
- Caldentey, J.; Ibarra, M.; Promis, A. and Hernández, P. 2005.** Effects of shelterwood system on photosynthetically active radiation (PAR) and plan regeneration in *Nothofagus pumilio* stands in Chile. *Int. For. Rev.* 7(5): 46.
- Cuevas, J. and Arroyo, M.K. 1999.** Ausencia de banco de semillas persistente en *Nothofagus pumilio* (Fagaceae) en Tierra del Fuego, Chile. *Rev. Chil. Hist. Nat.* 72: 73-82.

Davis, M.A.; Wrage, K.J.; Reich, P.B.; Tjoelker, M.G.; Schaeffer, T. and Muermann, C. 1999. Survival, growth, and photosynthesis of tree seedlings competing with herbaceous vegetation along a water-light-nitrogen gradient. *Plant Ecol.* 145: 341-350.

Frangi, J.L. and Richter, L. 1994. Balances hídricos de bosques de *Nothofagus* de Tierra del Fuego, Argentina. *Rev. Fac. Agron. La Plata* 70: 65-79.

Gea, G.; Martínez Pastur, G.; Cellini, J.M. and Lencinas, M.V. 2004. Forty years of silvicultural management in southern *Nothofagus pumilio* (Poepp. et Endl.) Krasser primary forests. *For. Ecol. Manage.* 201: 335-347.

Gutiérrez, E. 1994. Els boscos de *Nothofagus* de la Terra del Foc com a paradigma de dinàmica successional del no-equilibri. *Treballs de la SCB.* 45: 93-121.

Heinemann, K.; Kitzberger, Th. and Veblen, Th. 2000. Influences of gap microheterogeneity on the regeneration of *Nothofagus pumilio* in a xeric old-growth forest of northwestern Patagonia, Argentina. *Can. J. For. Res.* 30: 25-31.

Heinemann, K. and Kitzberger, Th. 2006. Effects of position, understorey vegetation and coarse woody debris on tree regeneration in two environmentally contrasting forests of north-western Patagonia: a manipulative approach. *J. Biogeogr.* 33(8): 1357-1367.

Hieke, S.; Menzel, C.M. and Ludders, P. 2002. Effect of leaf, shoot and fruit development on photosynthesis of lychee trees (*Litchi chinensis*). *Tree Physiol.* 22: 955-961.

Hormaeche, K.; Hernández, A.; Becerril, J. and García-Plazaola, I. 2004. Role of red carotenoids in photoprotection during winter acclimation in *Buxus sempervirens* leaves. *Plant Biol.* 6: 325-332.

Kneeshaw, D.D.; Kobe, R.K.; Coates, D. and Messier, C. 2006. Sapling size influences shade tolerance ranking among southern boreal tree species. *J. Ecol.* 94: 471-480.

Kramer, P.J. and Kozlowski, T.T. 1979. Physiology of woody plants. Academic Press, New York, 811 p.

Larcher, W. 2003. Physiological plant ecology: Ecophysiology and stress physiology of functional groups. Springer-Verlag, Germany, 513 p.

Lechowicz, M.J. 1984. Why do temperate deciduous trees leaf out at different times? Adaptation and ecology of forest communities. *Am. Nat.* 124: 821-842.

Lichtenthaler, H.K.; Buschmann, C.; Döll, M.; Fietz, H.J.; Bach, T.; Kozel, U.; Meier, D. and Rahmsdorf, U. 1981. Photosynthetic activity, chloroplast ultrastructure, and leaf characteristics of high-light and low-light plants and of sun and shade leaves. *Photosynth. Res.* 2: 115-141.

Martínez Pastur, G.; Peri, P.; Vukasovic, R.; Vaccaro, S. and Piriz Carrillo, V. 1997. Site index equation for *Nothofagus pumilio* Patagonian forest. *Phyton* 6(1/2): 55-60.

Martínez Pastur, G.; Peri, P.; Fernández, C. and Staffieri, G. 1999. 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.; Cellini, J.; Peri, P.; Vukasovic, R. and 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.; Lencinas, M.V.; Escobar, J.; Quiroga, P.; Malmierca, L. and Lizarralde, M. 2006. Understorey succession in *Nothofagus* forests in Tierra del Fuego (Argentina) affected by *Castor canadensis*. *J. Appl. Veg. Sci.* 9(1): 143-154.

Mormeneo, I.; Martínez Pastur, G.; Moretto, A. and Lencinas, M.V. 2004. Análisis de las deficiencias hídricas en bosques primarios e intervenidos de *Nothofagus pumilio*. Proceedings X Reunión Argentina y IV Latinoamericana de Agrometeorología. Mar del Plata (Argentina), October 13-15. CD-rom.

Niinemets, U. 2006. The controversy over traits conferring shade-tolerance in trees: ontogenetic changes revisited. *Ecology* 94: 464-470.

Rebertus, A. and Veblen, Th. 1993. Structure and tree-fall gap dynamics of old-growth *Nothofagus* forests in Tierra del Fuego, Argentina. *J. Veg. Sci.* 4(5): 641-654.

Rebertus, A.; Kitzberger, Th.; Veblen, Th. and Roovers, L. 1997. Blowdown history and landscape patterns in *Nothofagus* forests in southern Andes, Tierra del Fuego. *Ecology* 78: 678-692.

Reynolds, P.E. and Frochet, H. 2003. Photosynthetic acclimation of beech seedlings to full sunlight following a major windstorm event in France. *Ann. For. Sci.* 60: 701-709.

Richter, L. and Frangi, J. 1992. Bases ecológicas para el manejo del bosque de *Nothofagus pumilio* de Tierra del Fuego. *Rev. Fac. Agron. La Plata* 68: 35-52.

Rusch, V. 1993. Altitudinal variation in the phenology of *Nothofagus pumilio* in Argentina. *Rev. Chil. Hist. Nat.* 66: 131-141.

Sun, O.J.; Sweet, G.B.; Whitehead, D. and Buchan, G.D. 1995. Physiological responses to water stress and waterlogging in *Nothofagus* species. *Tree Physiol.* 15: 629-638.

Tognetti, R.; Minotta, G.; Pinzauti, S.; Michelozzi, M. and Borghetti, M. 1998. Acclimation to changing light conditions of long-term shade-grown beech (*Fagus sylvatica*) seedlings of different geographic origins. *Trees* 12: 326-333.

Veblen, Th. 1989. Tree regeneration responses to gaps along a transandean gradient. *Ecology* 70: 541-543.

Veblen, Th.; Kitzberger, Th.; Burns, B. and Rebertus, A. 1997. Perturbaciones y dinámica de regeneración en bosques andinos del sur de Chile y Argentina. En: Armesto, C.; Villagrán, C. y Arroyo, M.K. (editores). *Ecología de los bosques nativos de Chile*. Editorial Universitaria, Santiago, Chile. Pp: 169-198.



EFFECTO DE LA COBERTURA DE ÑIRRE (*Nothofagus antarctica*) SOBRE LA PRODUCCIÓN HERBÁCEA EN LA PROVINCIA DE ÚLTIMA ESPERANZA, REGIÓN DE MAGALLANES.

A. Olivares¹; H. Schmidt²; J. Pavez y S. Duran

RESUMEN

En la Región de Magallanes los bosques de ñirre cubren un área de 200.000 ha, constituyendo un recurso especialmente importante para la ganadería, pues la madera que se extrae es de bajo valor económico y solo se emplea para postes y leña.

Estudios sobre el efecto de la cobertura arbórea en el estrato herbáceo, realizados tanto en la zona mediterránea en el matorral de *Acacia cavendishii*, como en el bosque de ñirre en la zona austral de Argentina, indican que los cambios microambientales determinados por la presencia arbórea crean condiciones que favorecen el desarrollo de la pradera bajo su influencia.

En este trabajo se estudia el efecto de la cobertura de ñirre sobre la producción y la composición de la pradera bajo su influencia. Se trabajó en el sector Tranquilo en la Provincia de Última Esperanza, que tiene influencia costera y una precipitación anual de 475 mm. En él se ubicó un bosque homogéneo en cuanto a calidad de sitio, tomándose la altura de los árboles dominantes y la cobertura de los mismos como indicadores del efecto de los árboles sobre la pradera.

En el bosque se seleccionó cuatro situaciones con distinta cobertura: alta (77%), media (70%), baja (64%) y sin cobertura. Cada tratamiento se estableció en una superficie de 1 ha, en la que se realizó una caracterización dasométrica mediante un inventario silvícola en cuatro parcelas de 20 x 50 m, distribuidas sistemáticamente. En ellas se midió el número y el diámetro de los árboles y con ello se calculó el área basal y el volumen. En cada situación se realizó además un muestreo sistemático de la pradera en 8 parcelas de un metro cuadrado, donde se cosechó el total de la pradera disponible al final del período de crecimiento, determinándose materia seca y composición florística.

Salvo las diferencias de cobertura no se establecieron diferencias en las características dasométricas en las cuatro situaciones estudiadas. En la pradera la disponibilidad de materia seca total del estrato herbáceo presentó una tendencia a aumentar con la presencia arbórea. Bajo las coberturas media y baja aumenta la proporción de especies de alto valor forrajero, como pasto ovillo (*Dactylis glomerata*) y trébol blanco (*Trifolium repens*). En la cobertura alta dominan especies sin valor forrajero como *Blechnum pennamarina*.

Palabras clave: *Nothofagus antarctica*, producción herbácea

¹ Universidad de Chile, Fac. de Cs. Agronómicas, Dpto. de Producción Animal Chile. aolivares@uchile.cl

² Universidad de Chile, Fac. de Cs. Forestales, Dpto. de Silvicultura, Chile. hschmid@uchile.cl

CANOPY EFFECT OF ÑIRRE FOREST (*Nothofagus antarctica*) ON PASTURE PRODUCTIVITY AT ULTIMA ESPERANZA PROVINCE, REGION OF MAGALLANES, CHILE.

SUMMARY:

In the Region of Magallanes, Chile, ñirre forests cover approximately 200,000 ha, and are considered an important resource for animal production. Wood production in these forests is marginal because of the low economical value of ñirre timber.

The effect of tree canopy cover on the herbaceous substrate have been studied on Mediterranean climates (i.e. *Acacia caven* shrubs) and in ñirre forests of Argentina. These studies have concluded that micro-environmental changes produced by the tree canopy cover, create better condition for the development of the prairie.

In this work, the effect of the tree canopy cover on the production and botanical composition of the pasture growing under a ñirre forest was studied. The trial was located at Tranquilo, Ultima Esperanza Province. The area is under a marine climatic influence, with an annual rainfall of 475 mm. The selected forest was homogenous in terms of site index (i.e. similar height of dominant trees).

Four sites with different canopy covers conditions were selected: (i) high canopy cover (77%), (ii) medium cover (70%), (iii) low canopy cover (64%), and (iv) no cover. Each selected site has an area of 1 ha, and was evaluated in terms of number of trees, tree diameter, basal area, and volume.

The pasture was analyzed with a systematic sampling with eight plots of 1 m² per site. The total aboveground biomass of the pasture and the botanical composition of the prairie were determined at the end of the growing season.

There were not differences in the dendrometric characteristics between sites. The total aboveground dry biomass of the pasture tends to increase with higher tree canopy covers. The proportion of species with a high forage value (e.g. *Dactylis glomerata*, *Trifolium repens*) increased under the low and medium tree canopy cover. In the high tree canopy cover, dominant species on the pasture do not have a forage value (e.g. *Blechnum pennamarina*).

Key words: *Nothofagus antarctica*, pasture productivity

INTRODUCCIÓN

En la Región de Magallanes y la Antártica Chilena el área de uso ganadero abarca del orden de 3.000.000 ha divididas en tres zonas: estepa, matorral y bosque.

Entre los tipos vegetacionales se destaca el bosque de *Nothofagus antarctica* (ñirre). Esta es una especie endémica de los bosques subantárticos de Chile y Argentina. En Chile se encuentra en forma discontinua en la Cordillera de los Andes en la VII Región y desde la Cordillera de Nahuelbuta hasta el archipiélago del Cabo de Hornos (35° 18' - 55° 58' S) (Donoso, 1978; 1983; Hoffmann, 1982; Marticorena y Rodríguez, 2003). Se adapta a ambientes de baja temperatura, suelos de baja calidad y fuertes pendientes. También se encuentra en terrenos húmedos (ñadis) y ventosos de la zona austral (Rodríguez *et al.*, 1983; Hoffmann, 1997; Marticorena y Rodríguez, 2003); por ello, se destaca como una de las especies del género *Nothofagus* con mayor tolerancia ecológica, viéndose favorecida su presencia por su capacidad reproductiva.

El subtipo forestal ñirre, pertenece al tipo forestal lenga, cubre una superficie de 544.654 ha, equivalentes al 4% de la superficie total del bosque nativo del país, concentrándose especialmente en las regiones de Aysén y Magallanes. En esta última cubre 206.474 ha, que representan el 7% de la superficie regional de bosques.

En Magallanes, al igual que en la Región de el Bolsón (Río Negro, Argentina), los bosques de ñirre son usados fundamentalmente para la extracción de leña y para pastoreo. Efectivamente, la producción ganadera, especialmente de carne bovina en la zona austral de Chile y Argentina, se desarrolla en estos bosques, utilizándolos ya sea como invernada o veranada (Somlo *et al.*, 1995; Fertig, 2004). Normalmente en la zona más xerica se usa en forma extensiva con ovinos y en la zona más húmeda con vacunos.

La pradera se caracteriza por presentar un corto periodo de crecimiento que se inicia en primavera con el aumento de la temperatura y/o el derretimiento de la nieve, su tasa de crecimiento disminuye en el período estival (diciembre-enero), cuando aumenta la restricción hídrica y tiene un pequeño incremento a fines de verano y comienzos de otoño, para luego disminuir significativamente hasta el inicio del receso invernal. Su producción varía entre 350 y 800 Kg de materia seca por hectárea, dependiendo de la pluviometría, temperatura y tipo de suelo. La invernada se usa de mayo a agosto o diciembre y la veranada desde septiembre o enero hasta fines de abril (Covacevich y Ruz, 1996). Según el Servicio Agrícola Ganadero (2004), las principales causas del deterioro son el uso reiterado de la pradera en la misma época cada año, el pastoreo selectivo y el desequilibrio entre el uso de invernada y veranada.

La interacción entre el estrato arbóreo y el herbáceo en el matorral de *Acacia caven* determina que las mejores condiciones microambientales generadas por el estrato superior, inducen cambios en la composición botánica y en el crecimiento de la pradera bajo su influencia. Estos cambios pueden producir un mejoramiento significativo no solo de la disponibilidad de forraje para los animales, sino que en su conducta ambiental (Olivares *et al.*, 1983; Olivares y Castillo, 1988; Olivares *et al.*, 1989; Olivares y Caris, 2004; Olivares, 2006). En una plantación de *Prosopis flexuosa*, Díaz (2003) determinó una disminución en la cantidad de materia seca digestible de la pradera con el aumento de la cobertura arbórea. En Texas, Scifres *et al.*, (1982).

trabajando con diferentes porcentajes de cobertura de *Acacia farnesiana*, concluyeron que la producción herbácea aumentó cuando la cobertura arbórea llegó a 30%. En la provincia Argentina de Chubut se determinó que el crecimiento de la pradera se ve restringido en un bosque denso de ñirre, pero que al ralearlo aumenta la disponibilidad de forraje, lo que se expresa en una mayor producción de carne (Fertig, 2004).

Considerando estos antecedentes, se planteó como objetivo determinar el efecto de la cobertura arbórea de un bosque de ñirre sobre la composición y producción de la pradera que crece bajo él.

MATERIAL Y MÉTODO

El estudio se realizó en el predio Tranquilo, Comuna de Puerto Natales, Provincia de Última Esperanza, Región de Magallanes (51°56'S; 72°6'O), en una condición climática que corresponde al tipo Trasandino con degeneración esteparia. La precipitación media anual fluctúa entre 400 y 600 mm distribuidas durante todo el año, mientras que la temperatura media máxima se presenta en los meses de enero y febrero, llegando a 15° C y la mínima media en julio con -4,7° C (Pisano, 1977). Los suelos son de origen glacial y fluvio-glacial depositados sobre un subsuelo de arenisca y arcilla del terciario, con horizonte superficial de poca profundidad y niveles medios a altos de materia orgánica (Covacevich y Ruz, 1996). La vegetación corresponde al tipo Bosque Caducifolio de Magallanes inserto en la Región del Bosque Patagónico (Gajardo, 1994).

Se utilizó la cobertura arbórea como síntesis de los efectos del bosque sobre el estrato herbáceo. Para ello se seleccionó un sector homogéneo del bosque en cuanto a calidad de sitio, expresado a través de la altura de los árboles dominantes y se seleccionaron cuatro áreas de una hectárea con diferentes porcentajes de cobertura: alta (77%), media (70%), baja (64%) y un área testigo deforestada diez años atrás. Los niveles de cobertura se determinaron mediante el análisis de imágenes hemisféricas ("Fish-eye análisis"), para ello en cada parcela se diseñó una malla de 36 puntos equidistantes a 20 m y en cada punto se tomó una fotografía digital hemisférica que captura imágenes en ángulo de 180°. En la pradera se realizó un muestreo sistemático en ocho subparcelas de un metro cuadrado en cada tratamiento. Con esta información se hizo un listado de las especies presentes (composición florística de la pradera), luego se cortó el estrato herbáceo a ras de suelo y se secó el material obtenido a 65° C por 48 horas para obtener el contenido de materia seca (ms). Además se tomó una muestra compuesta para determinar composición botánica por separación manual. Para cada situación se efectuó análisis estadístico descriptivo de las variables estudiadas.

RESULTADOS

El efecto de la cobertura arbórea en el estrato herbáceo se presenta en el Cuadro N° 1 y Figura N° 1, donde se aprecia que las especies con mayor valor forrajero y por lo tanto las más deseables para la producción ganadera, aumentan desde 36 hasta 95% en la medida que disminuye la cobertura arbórea, llegando a 100% en el tratamiento sin cobertura. En cambio, las especies sin valor forrajero aumentan de 0 a 64% en la medida que aumenta la cobertura arbórea. Estos resultados coinciden con experiencias similares en otras formaciones vegetales (Olivares *et al.*, 1989; Olivares, 2006; Fertig, 2004).

Cuadro N° 1
EFFECTO DE LA COBERTURA ARBÓREA EN LA PRODUCCIÓN Y COMPOSICIÓN BOTÁNICA DE LA PRADERA BAJO SU INFLUENCIA

Especies		ALTA		MEDIA		BAJA		SIN COB	
		Kg ms/ ha	%	Kg ms/ ha	%	Kg ms/ ha	%	Kg ms/ ha	%
Especies deseables	<i>Holcus lanatus</i>			41,6	5			157,04	8
	<i>Taraxacum officinale</i>	17,3	2	141,44	17	113,1	10	98,15	5
	<i>Trifolium repens</i>					192,27	17		
	<i>Dactylis glomerata</i>	294,1	34	158,08	19	384,54	34	274,82	14
	Otras gramíneas					384,54	34	1432,99	73
	Subtotal	311,4	36	341,12	41	1074,45	95	1963	100
Especies indiferentes y no deseables	<i>Blechnum pennamarina</i>	484,4	56	374,4	45	56,55	5		
	<i>Gunnera magellanica</i>	34,6	4	116,48	14				
	<i>Osmorrhiza chilensis</i>	34,6	4						
	Subtotal	553,6	64	490,88	59	56,55	5	0	0
TOTAL		865	100	832	100	1131	100	1963	100

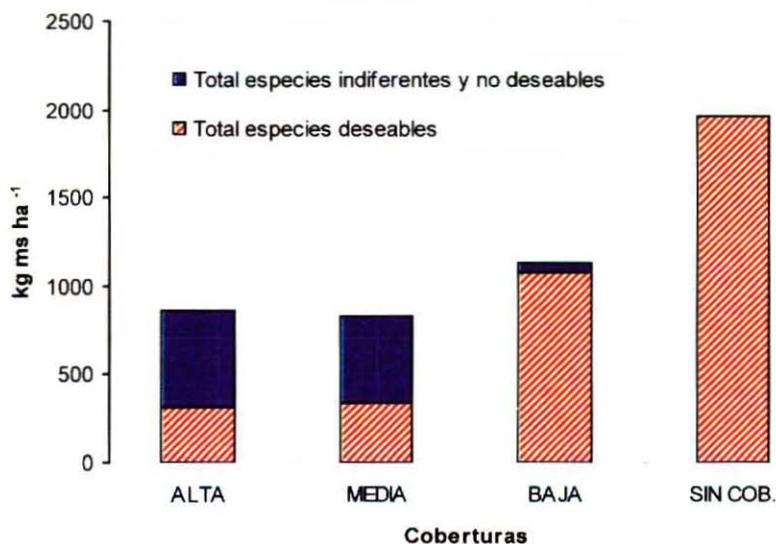


Figura N° 1
EFFECTO DE LA COBERTURA ARBÓREA EN LA PRODUCCIÓN DE ESPECIES HERBÁCEAS DESEABLES Y NO DESEABLES DESDE EL PUNTO DE VISTA DEL CONSUMO ANIMAL

Es interesante hacer notar que la variabilidad de las especies con interés forrajero aumenta en la medida que se tiene cobertura media y baja, además se comprueba que la mayor composición botánica de interés ganadero se presenta con cobertura baja, debido a la presencia significativa de especies de alto valor, como es el caso de el pasto ovilla (*Dactylis glomerata*) con 34%, trébol blanco (*Trifolium repens*) con un 17%, además de otras gramíneas consumibles por el ganado.

El pasto miel (*Holcus lanatus*), es otra especie gramínea con buen valor forrajero que se presenta fundamentalmente en la cobertura media. Si se observa la composición del total de la materia seca disponible (Figura N° 1) se comprueba que la cobertura baja junto con presentar una mejor producción de materia seca total, contiene un porcentaje de especies no deseables muy bajo. Los resultados confirman el efecto positivo que se produce cuando interactúan dos estratos, en algunos casos mejorar el balance hídrico de la pradera (Olivares *et al.*, 1989) y en otros el régimen térmico (Somlo *et al.*, 1995; Olivares *et al.*, 1989).

La mayor producción de la pradera medida en el tratamiento sin cobertura obedece a un fenómeno distinto, que según lo observado durante el periodo invernal se explicaría por el escaso consumo ejercido por los animales en esa situación. Estos aparentemente preferirían consumir la pradera bajo cobertura arbórea, por cuanto esta además les brinda protección contra el frío (Olivares, 2006). Por lo mismo, en el área sin cobertura permanece una gran cantidad de remanente seco sin consumir, el cual contribuye a que se sobreestime la producción del año en que se realizó la medición. Este resultado sería diferente si se lograra medir exclusivamente el crecimiento del año, para lo cual sería necesario hacer en todos los tratamientos un corte de homogenización de la pradera, previo al inicio del invierno y así iniciar el nuevo periodo de crecimiento en igualdad de condiciones para todos los niveles de cobertura.

CONCLUSIONES

Se concluye que el microclima creado por la cobertura arbórea favorece el crecimiento de especies con valor forrajero.

La cobertura arbórea determina una diferente composición botánica de la pradera. Su mejor expresión en cuanto a calidad de las especies forrajeras se da en las coberturas medias y bajas.

REFERENCIAS

- Covacevich, N y Ruz, E. 1996.** Praderas en la zona austral. XII Región (Magallanes) 639-655. En: Ruiz, I. Praderas para Chile. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Ministerio de Agricultura. Santiago, Chile. 735 p.
- Donoso, C. 1978.** La Silvicultura de *Nothofagus* en Chile. Dpto. de Silvicultura y Ordenación de la Universidad de Berkeley. California, USA. 102 p.



- Donoso, C. 1983.** Árboles nativos de Chile. Guía de reconocimiento. Ed. Alborada. CONAF. Valdivia. 116 p.
- Díaz, R. 2003.** Efectos de diferentes niveles de cobertura arbórea sobre la producción acumulada, digestibilidad y composición botánica del pastizal natural del Chaco Árido (Argentina). *Agriscientia* N° 20. Pp: 61-68.
- Fertig, M. 2004.** Producción Forrajera en ñirrales del noroeste del Chubut. En: <http://www.inta.gov.ar/esquel/info/documentos/pasturas/forrajajes.htm> (Consulta 15 de enero 2006).
- Gajardo, R. 1994.** La Vegetación natural de Chile. Clasificación y distribución geográfica. Editorial Universitaria, Santiago. 165 p.
- Hoffmann, A. 1982.** Flora Silvestre de Chile. Zona Austral. Fundación Claudio Gay. 258 p.
- Hoffmann, A. 1997.** Flora Silvestre de Chile. Zona Araucana. Cuarta Edición. Fundación Claudio Gay. 258 p.
- Marticorena, C y Rodríguez, R. 2003.** Flora de Chile. Universidad de Concepción. Concepción, Chile.
- Olivares, A., Cornejo, R y Gándara, J. 1983.** Influencia de la estrata arbustiva (*Acacia caven* (Mol.) Hook. et Arn.) en el crecimiento de la estrata herbácea. *Avances en Producción Animal* 8 (1-2): 19-28.
- Olivares, A.; Castillo, H. y Potter, W. 1989.** Cambios en el contenido de humedad, composición botánica y producción de fitomasa en la pradera anual mediterránea bajo la influencia de espio (*Acacia caven* ((Mol.) Mol). *Avances en Producción Animal* 14 (1-2): 41-52.
- Olivares, A y Caris, Y. 2004.** Conducta ambiental de ovinos en potreros con y sin protección arbórea en el secano semiárido central. XXIX Reunión anual Sociedad Chilena de Producción Animal 13-15 octubre 2004. Villarrica, Chile.
- Olivares, A. 2006.** Relaciones entre el estrato arbóreo, el estrato herbáceo y la conducta animal en el matorral de *Acacia caven* (espinal). *Secheresse* 17(1-2):333-339.
- Olivares, A. y Castillo, H. 1988.** Modificaciones de las características microambientales provocadas por la presencia de *Acacia caven* (Mol.) Mol. En: *Influencias a la estrata herbácea. Avances en producción animal* 13(1-2):41-48
- Pisano, E. 1977.** Fitogeografía de Fuego-Patagonia chilena. I. Comunidades vegetales entre las latitudes 51 y 56° Sur. Punta Arenas, Chile. *Anales del Instituto de la Patagonia (Chile)* 8: 121-250.
- Rodríguez, R; Matthei, O. y Quezada, M. 1983.** Flora arbórea de Chile. Editorial de la Universidad de Concepción. Chile. 408 p.
- Cifres, C.J.; Mutz, J.L.; Whitson, R.E. and Drawe, D.L. 1982.** Interrelationships of huisache canopy cover with range forage on the coastal prairie. *Journal of Range Management* 35(5):558-562.
- Servicio Agrícola y Ganadero (SAG) 2004.** El Pastizal de Última Esperanza y Navarino. Guía de uso, condición actual y propuesta de seguimiento para determinación de tendencia. Proyecto FNDP – SAG XII Región de Magallanes y Antártica Chilena: "Protección y Recuperación de pastizales XII Región". BIP N° 20105466-0. Gobierno Regional de Magallanes y Antártica Chilena, Ministerio de Agricultura, Servicio Agrícola y Ganadero, Departamento de Protección de los Recursos Naturales Renovables. 127 p.
- Somlo, R.; Manacorda, M. y Bonvisuto, G. 1995.** Manejo silvopastoral en los bosques de ñirre

(Nothofagus antarctica) en la región de El Bolsón-Río Negro. 1. Efecto de las diversas formas de intervención sobre la vegetación. En: IV Jornadas Forestales Patagónicas 24 al 27 de octubre, San Martín de los Andes, Neuquén. Pp: 42-55.





DESARROLLO DE LOS BOSQUES DE LENGA (*Nothofagus pumilio*) DESPUÉS DE LA CORTA DE REGENERACIÓN

C. Silva¹; A. Schmidt¹ y H. Schmidt¹

RESUMEN

En Magallanes los bosques de lenga aptos para la producción de madera son del orden de 500.000 ha. Desde 1991 los bosques que se intervienen se manejan con cortas de protección. Hasta la fecha se han intervenido cerca de 30.000 ha bajo este sistema.

En este trabajo se analiza las modificaciones que se producen en los bosques intervenidos en cuanto a existencias, estabilidad y crecimiento del dosel de protección y de la regeneración durante un período de 14 años después de la corta de regeneración.

El estudio se realizó en bosques manejados de las empresas Forestal y Ganadera Monte Alto y Salfa en la provincia de Última Esperanza en la Región de Magallanes. Los bosques corresponden a sitios de 22 a 24 m de altura, en ellos se analiza el desarrollo en una secuencia de cuatro situaciones: un rodal no intervenido como testigo y tres rodales en los que se hizo la corta de regeneración hace 3 años, 8 años y 14 años. La intensidad de la corta fue del orden de 40% en área basal. En el último rodal, se efectuó además la corta final del dosel de protección, 11 años después de la corta de regeneración.

Para caracterizar el dosel de protección se establecieron 6 parcelas de 0.1 ha en cada rodal. Se midió el diámetro, la posición social y el daño de todos los árboles. Además, en cada parcela se distribuyeron 20 subparcelas de 2 m² para medir la densidad y la altura de las plantas de regeneración.

El bosque en su estado inicial, antes de las intervenciones, tenía en promedio una densidad de 538 árboles, un área basal de 57 m², un volumen de 674 m³ y un crecimiento anual de 4,4 m³ por hectárea. En el dosel de protección se dejaron preferentemente árboles maduros y sobremaduros, cuya estabilidad después de la intervención fue relativamente buena. Las pérdidas 8 años después de la corta no superan el 20 % del volumen, siendo más afectados los árboles juveniles.

La respuesta de los árboles en el dosel de protección después de la corta de regeneración fue favorable. El crecimiento anual en volumen fue de 4,1 m³ /ha y el diámetro aumentó de 2,1 mm en el bosque virgen a 3,3 mm después de la intervención. También la regeneración responde en forma vigorosa. Después de la corta la densidad de plantas es alta y sólo disminuye en forma gradual en la medida que la regeneración crece en altura. El crecimiento de las plantas aumentó de 4,1 cm/año en el bosque virgen a 13,1 cm/año después de la corta de regeneración y a 21,6 cm/año después de la corta final de los árboles del dosel de protección.

Palabras clave: *Nothofagus pumilio*, manejo forestal, cortas de protección

¹ Depto. Silvicultura, Fac. Cs. Forestales, Universidad de Chile. Chile. clasilva@uchile.cl; aschmidt@uchile.cl; hschmidt@uchile.cl

DEVELOPMENT OF *Nothofagus pumilio* FOREST AFTER A REGENERATION CUT

SUMMARY

In Magallanes, the lenga forests available for timber production are of the order of 500.000 ha. Since 1991, about 30.000 ha of these forests have been managed with the shelterwood silvicultural system. This study analyzes the responses in both dasometric and stock characteristics throughout the 14 years after the regeneration cut in a lenga forest managed under the shelterwood system.

The lenga forest was located in the Última Esperanza Province, Region of Magallanes, Chile. The selected lenga stands had similar quality of site (22 to 24 m) and this study considered an age-sequence that included four situations: (i) an undisturbed lenga stand, (ii) a lenga stand with three years after a regeneration cut, (iii) a lenga stand with eight years after a regeneration cut, and (iv) a lenga stand with 14 years after a regeneration cut. In the last stand the final cut was made four years ago. The forest stock, the wind stability, the growth of the remaining trees, and the density and growth of the regeneration were measured.

To characterize the canopy trees, six inventory plots (1,000 m²) were systematically established at each stand. The diameter at breast height, social position and damage of the trees were measured. The regeneration was characterized by measuring the density and growth of the regeneration plants presents in 20 subplots of 2 m² established in each stand.

Initially, the selected lenga stands had 538 trees per hectare, 66.9 m² of basal area per hectare, 674 m³ of volume stock per hectare, and an annual growth of 4.4 m³ per hectare. A 40% of the lenga stands initial volume stock was extracted through the regeneration cut. The regeneration cut was mainly concentrated in the younger trees. During the 8 years after the regeneration cut, the stability of the protection canopy trees was good, with less than 20% of volume stock losses.

After the regeneration cut, the growth response in the remaining trees was good. The diameter at the breast height of the protection canopy trees increased from 2.1 mm/year to 3.3 mm/year in the 8 years after the cut. In the same period of time, the volume stock rate was 4.1 m³/ha/year. The regeneration had a good response in height growth after the cut, increasing from 4.1 cm/year in the undisturbed lenga forest to, 13.1 cm/year after the regeneration cut, and increasing to 21.6 cm/year after the final cut. Because of the sunlight competition among the regeneration plants, density decreased from 490,000 plants/ha in the natural forest to 256,000 plants/ha, 14 years after the cut.

Key words: *Nothofagus pumilio*, forestry management, shelterwood silvicultural system

INTRODUCCIÓN

En la Región de Magallanes, los bosques abarcan una superficie de 2.625.469 ha. De ésta superficie, un 20% de los bosques son aptos para la producción de madera y el resto corresponde a bosques no comerciales y a bosques de protección (Schmidt *et al.*, 2003).

Desde el año 1992, estos bosques se han manejado bajo el método silvicultural de "cortas sucesivas con regeneración natural bajo dosel de protección", o más simple "cortas de protección". Este método es el que mejor se ajusta a los objetivos de producción, a la capacitación técnica de los trabajadores y a las condiciones biológicas del bosque (Schmidt y Urzúa, 1982). Al manejarse los bosques bajo este sistema silvicultural, se aumenta su rendimiento en volumen y se mejora la proporción de madera aserrable. En consecuencia, se produce una mayor valorización de estos bosques como recurso y se incrementa el interés por su conservación.

A través de este manejo, la lenga ha llegado a ser la especie nativa de mayor relevancia económica del país, con exportaciones de madera aserrada, que en el año 2004 alcanzaron un volumen de 13.254 m³, siendo Estados Unidos, España, Italia y Canadá los principales países de destino (INFOR-CONAF, 2005).

En este estudio se analiza el efecto del manejo silvicultural sobre el desarrollo de los primeros bosques de lenga que fueron intervenidos bajo el sistema de cortas de protección en la Región de Magallanes.

OBJETIVOS

El objetivo general del estudio fue evaluar los cambios producidos en las existencias y el desarrollo de la regeneración de un bosque de lenga, luego de efectuada la corta de regeneración. Para esto se contemplo el cumplimiento de los siguientes objetivos específicos:

Determinar y comparar las existencias en área basal, volumen y estabilidad de los bosques de lenga sin intervención, y después de 3, 8 y 14 años de realizada la corta de regeneración.

Evaluar el crecimiento del dosel remanente 8 años después de la corta de regeneración.

Analizar el establecimiento y desarrollo de la regeneración, en términos de densidad, altura dominante y crecimiento en altura, para las distintas situaciones con y sin intervención.

ANTECEDENTES GENERALES

La lenga es una especie endémica de los bosques subantárticos, siendo su distribución en Chile desde la localidad de Altos de Vilches, en la Provincia de Talca, Región del Maule,

hasta el sur de la isla Hoste, en la Región de Magallanes (Ormazábal y Benoit, 1987). La superficie del tipo forestal Lengua en Chile es de 3.391.552 ha. En la región de Magallanes la superficie de este tipo forestal es de 1.124.564 ha.

Estructura y Dinámica de los Bosques de Lengua

Lengua se puede encontrar como bosques multietáneos multiestratificados y bosques de estructuras coetáneas, que pasan por distintas fases de desarrollo de duración variable. El ciclo natural de desarrollo dura del orden de 200 a 250 años, repitiéndose las distintas fases en forma similar a través del tiempo. La presencia de regeneración y el establecimiento de las plantas son normalmente buenos, si se realiza en claros dentro del bosque y bajo un dosel de protección. (Schmidt y Urzua, 1982).

Silvicultura de los Bosques de Lengua

El sistema silvicultural que mejor se ajusta a los objetivos de producción y a las condiciones biológicas imperantes en los bosques de lengua, es el de cortas de protección. Este método implica la extracción gradual de la masa completa en una serie de cortas parciales, que se extienden durante una parte de la rotación. La repoblación natural se inicia bajo la protección de la masa más vieja y finalmente es liberada cuando es capaz de resistir la exposición (Smith, 1986).

Rendimientos de los Bosques de Lengua

En un bosque de 124 ha en el que se realizó la corta de regeneración en 1994, en el predio de Monte Alto, Región de Magallanes, el bosque virgen tenía en promedio 860 árboles por hectárea, un área basal de 72 m²/ha y un volumen de 681 m³/ha. El volumen cosechado en la corta de regeneración fue de 311 m³/ha, que corresponde a un 45% de las existencias, del cual se obtuvieron 105 m³/ha de trozas aserrables y 134 m³/ha de trozas astillables (Schmidt *et al.*, 2003).

Crecimiento en el Bosque Manejado

El crecimiento en diámetro de los árboles del dosel de protección varía de 2 mm/año antes de la corta de regeneración a más de 4 mm/año después de la corta, mostrando una mejor respuesta a la intervención los árboles encontrados en fases de desarrollo juveniles (Schmidt *et al.*, 2003).

Respecto a la productividad en estos bosques, Donoso (1994) señala incrementos para lengua de entre 4 a 5 m³/ha/año. Rodríguez (2002) encontró rendimientos que varían entre 0,8 a 4,6 m³/ha/año para un bosque de lengua después de la corta de regeneración. Según Schmidt *et al.* (2004), el crecimiento de la regeneración dominante de lengua en bosques sin intervenir de un sector de Monte Alto, era de 3,5 cm/año, aumentando fuertemente después de la corta de regeneración a un crecimiento promedio de 26,5 cm/año, con el 78% de las plantas establecidas antes de la intervención.

MATERIAL Y MÉTODO

El estudio se realizó en los bosques de la Estancia Jerónima (Lote 2-B), perteneciente a la empresa "Constructora SALFA S.A.", ubicada en la Comuna de Puerto Natales, Provincia de Última Esperanza, Región de Magallanes, entre las coordenadas UTM 19 F 0313805 y 4226271, a 420 msnm. Se seleccionaron cuatro rodales de lenga, de dos hectáreas cada uno, con calidad de sitio similar (22-24 m), los cuales corresponden a las siguientes situaciones:

Bosque Virgen (BV): Rodal de lenga puro, sin intervención silvícola, de sitio 22 m, exposición SE y pendiente 8°.

Corta de Regeneración, 3 años después de la intervención (CR+3): Rodal de lenga puro, de sitio 23 m, con exposición SE y pendiente 8°.

Corta de Regeneración, 8 años después de la intervención (CR+8): Rodal de lenga puro, de sitio 24 m, exposición NE y pendiente 5°.

Corta Final, 14 años después de la corta de regeneración (CF+4): Rodal de lenga puro, que fue intervenido mediante una corta final hace 4 años. Presenta un sitio de 24 m, ubicado en una exposición NE y de pendiente 3°.

Caracterización del Dosel Superior

Para la caracterización del dosel de protección se establecieron en forma sistemática 6 parcelas de 20*50 m (1/10 ha) en cada uno de los rodales. En cada parcela se registró la siguiente información:

DAP: Diámetro a 1,3 m de altura

Posición social: Dominante (D), Codominante (C), Intermedio (I) o Suprimido (S)

Fase de desarrollo: Juvenil (J), Maduro (M) o Sobremaduro (S)

Daño: Caído (C), Quebrado (Q), Muerto (M) o Apoyado (A)

DAT: Diámetro del tocón a los individuos volteados

Con estos datos se confeccionaron las tablas de rodal, con los valores de densidad, área basal y volumen para el bosque original, y la cosecha, los daños y el estado del bosque actual. El volumen de los árboles y la estimación del DAP a partir del diámetro del tocón se calcularon a través de las siguientes fórmulas locales:

Volumen: $0,000129 \cdot \text{DAP}^{1,930262} \cdot (\text{Sitio}^{0,666289})$.

DAP: $0,868976 \cdot \text{DAT}$.

Para medir el crecimiento de los árboles antes y después de la intervención, se extrajeron 40 tarugos distribuidos homogéneamente en las clase diamétricas encontradas en el rodal con la corta de regeneración realizada hace ocho años (CR + 8). El procesamiento se realizó en laboratorio, donde se midió el incremento radial de los últimos 16 años.

Caracterización de la Regeneración

Para determinar la densidad y caracterizar la altura de la regeneración, se distribuyeron en forma sistemática dentro de cada rodal las siguientes unidades de muestreo:

20 subparcelas de regeneración de 2 m² cada una, para determinar la densidad y distribución en altura de la regeneración. En cada parcela se registró la cantidad de plantas en las siguientes clases de altura: (i) menores a 20 cm, (ii) 21 a 50 cm, (iii) 51 a 100 cm y (iv) mayores a 100 cm.

9 transectos de 100 m cada uno, para determinar la altura de la regeneración dominante. En cada transecto se midió la altura de la regeneración dominante cada 5 m, considerando un radio de 2 m en torno a los puntos de muestreo.

Para determinar la evolución del crecimiento y la edad de la regeneración, en cada rodal se extrajo el siguiente material:

45 plantas dominantes para efectuar un análisis de tallo. En cada transecto se colectó una planta dominante cada 5 puntos de muestreo. En estas plantas se midió el crecimiento de los últimos 3 años a través de las marcas dejadas en el tallo por las cicatrices de las yemas apicales y se extrajo una rodela en la base y luego una en forma sucesiva cada 20 cm avanzando en altura, a las cuales se les contaron los anillos de crecimiento mediante una lupa en laboratorio.

Análisis de la Información

Con la información de las cuatro situaciones antes descritas, se analizó la evolución del bosque pasando por distintas etapas, desde el año 0 (bosque virgen), a 3 años de la corta de regeneración, a 8 años de realizada esta corta y por último, a 14 años después de la corta de regeneración (Figura N° 1).

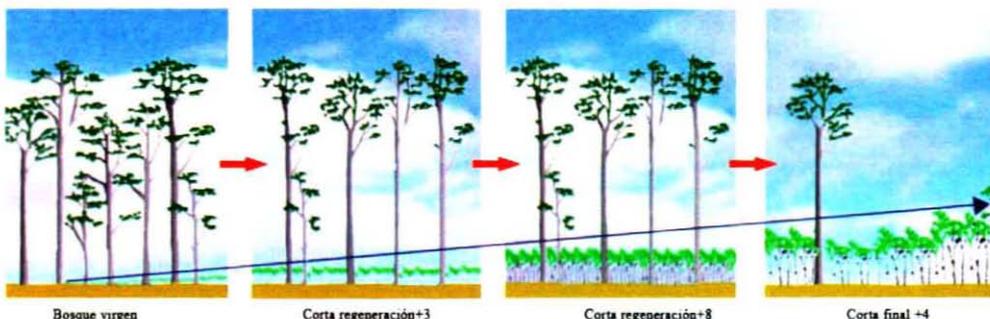


Figura N° 1

EVOLUCIÓN DEL BOSQUE DESDE EL RODAL SIN INTERVENIR (BOSQUE VIRGEN), A 3 AÑOS DESPUÉS DE LA CORTA DE REGENERACIÓN, 8 AÑOS DESPUÉS DE LA CORTA Y A 14 AÑOS DESPUÉS DE LA INTERVENCIÓN (CORTA FINAL HACE 4 AÑOS).

RESULTADOS y DISCUSIÓN

Caracterización del Dosel Superior

La estructura del bosque virgen corresponde a la de un rodal coetáneo, en fase de desmoronamiento con crecimiento óptimo. El bosque está compuesto por árboles pertenecientes a tres fases de desarrollo, que ocupan simultáneamente el estrato superior, con el 74% de árboles juveniles en fase de crecimiento óptimo, el 16% de árboles maduros en fase de envejecimiento y el 11% de árboles sobremaduros en fase de desmoronamiento. La participación en volumen correspondiente a cada fase es de 32, 29 y 39% respectivamente, mostrando una mayor ocupación los árboles en fases más avanzadas.

En el Cuadro N° 1, se presentan las existencias para la secuencia del bosque virgen y las tres situaciones con corta de regeneración.

Cuadro N° 1
EXISTENCIAS EN EL BOSQUE ORIGINAL Y EN LOS BOSQUES INTERVENIDOS

Sector	Bosque Original			Cosecha						Dosel protección original						Pérdidas al año 2005						
	Nha	Gha	Vha	Nha	%	Gha	%	Vha	%	Nha	%	Gha	%	Vha	%	Nha	%	Gha	%	Vha	%	
	arb/ha	m ² /ha	m ³ /ha	arb/ha		m ² /ha		m ³ /ha		arb/ha		m ² /ha		m ³ /ha		arb/ha		m ² /ha		m ³ /ha		
BV	755	64	653							755	100	64	100	653	100							
CR+3	611	62	627	347	57	25	40	255	41	264	43	37	60	372	59	60	23	7	19	69	19	
CR+8	400	74	734	184	46	24	33	244	33	216	54	50	67	490	67	54	25	8	17	84	17	
CF	415	82	811	367	88	55	67	553	68	48	12	27	33	258	32	42	86	22	80	208	81	

Nha= Número de árboles por hectárea; Gha= Área basal por hectárea; Vha= Volumen por hectárea

El bosque original presenta en promedio 538 árb/ha, un área basal de 66,9 m²/ha y un volumen de 674 m³/ha y crece a una tasa de 4,4 m³/ha/año, valores que se encuentran dentro de los rangos descritos para la zona.

En los rodales intervenidos con corta de regeneración hace 3 y 8 años, se cosecharon 255 y 244 m³/ha respectivamente, lo que representa el 43 y el 33% del volumen original. Esta intensidad de cosecha es relativamente baja para los promedios en la zona. La mayor cantidad de los árboles extraídos pertenecen a las clases diamétricas inferiores.

Estabilidad del Dosel de Protección

Pérdidas en Número de Árboles

Después de la corta de regeneración, cerca del 25% de los árboles dejados como dosel de protección presentaron algún tipo de daño. Estas pérdidas se concentran principalmente en árboles juveniles, que muestran una menor resistencia a la acción del viento (Cuadro N° 2). La mejor resistencia en los árboles de fases más avanzadas se debe a un mayor tiempo expuesto al viento y un sistema radicular más desarrollado, lo que les otorga una mejor estabilidad.



Cuadro N° 2

ESTABILIDAD DEL DOSEL DE PROTECCIÓN TRES Y OCHO AÑOS LUEGO DE LA INTERVENCIÓN

Fase	Daño			
	Arb/ha (%)		Vol/ha (%)	
	CR+3	CR+8	CR+3	CR+8
Juveniles	51	58	16	25
Maduros	27	21	28	17
Sobremaduro	22	21	57	58
Total	100	100	100	100

Pérdidas en Volumen

Tres años después de la corta de regeneración se tienen pérdidas de 69,2 m³/ha en volumen y ocho años después, de 83,9 m³/ha, lo que representa el 19 y 17% del volumen del dosel de protección respectivamente. Que las pérdidas sean similares indica que el dosel remanente se ve afectado en un mayor grado en los primeros años después de la corta y tiende a estabilizarse después.

Crecimiento del Dosel Superior

Crecimiento Diametral de los Árboles

El crecimiento diametral de los árboles, después de la intervención, presenta una respuesta favorable y con una tendencia a aumentar en los años después de la corta de regeneración (Figura N° 2). El crecimiento anual promedio de los árboles del rodal fue de 0,21 cm/año antes de la corta y de 0,33 cm/año después, representando en términos porcentuales un incremento del 55%.

Crecimiento Volumétrico del Dosel de Protección

En el bosque virgen el crecimiento bruto fue de 4,4 m³/ha/año, pero el crecimiento neto es nulo debido a la mortalidad. Después de la intervención, en que se redujeron las existencias en un 33 % de los valores originales, el crecimiento neto del dosel de protección fue de 4,1 m³/ha/año. Estos son valores promedios, que muestran una tendencia creciente proporcional a la del crecimiento en diámetro como la señalada en la Figura 2, lo que indica una tasa de crecimiento en volumen mayor para los últimos años en estudio.

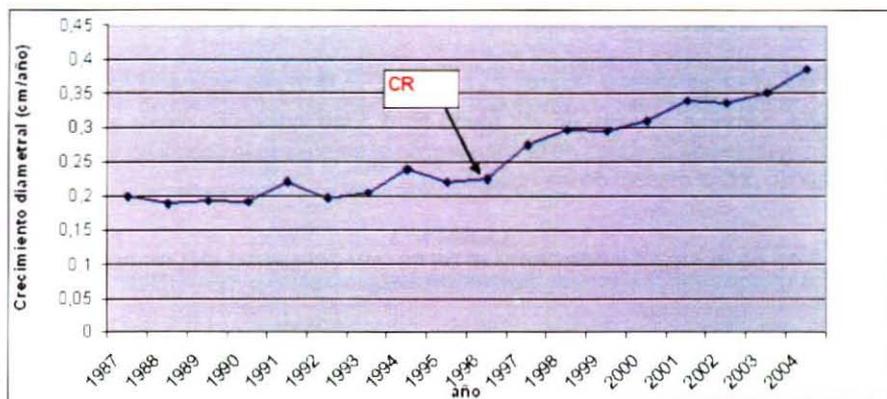


Figura N° 2

EVOLUCIÓN DEL CRECIMIENTO ANUAL PROMEDIO EN DIÁMETRO DE LOS ÁRBOLES EN EL DOSEL DE PROTECCIÓN, PARA UN PERIODO DE 8 AÑOS ANTES Y DESPUÉS DE LA CORTA DE REGENERACIÓN.

Caracterización de la Regeneración

Densidad y Altura de la Regeneración Total

La cantidad de plantas de regeneración encontrada es alta en todos los rodales, lo que coincide con la información existente para bosques de lenga de características similares en la región (Schmidt y Urzua, 1982).

La densidad más alta se encuentra en el bosque virgen con 490.000 plantas/ha, con más del 90% de la regeneración en la clase de altura inferior a los 20 cm. A medida que los rodales se distancian en el tiempo desde la corta, la regeneración comienza a desplazarse a las clases de altura mayores. Catorce años después de la apertura del dosel arbóreo, el 40% de la regeneración tiene alturas superiores a un metro (Figura N° 3).

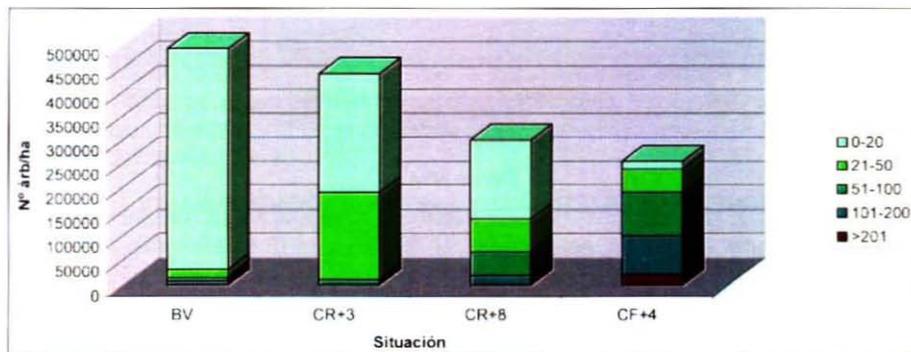


Figura N° 3

DENSIDAD DE LA REGENERACIÓN SEGÚN CLASE DE ALTURA PARA LAS CUATRO SITUACIONES

Establecimiento de Regeneración Dominante

Al analizar el establecimiento de la regeneración dominante, se advierte que la proporción de plantas establecidas después de la intervención aumenta al distanciarse en el tiempo desde la corta, como se muestra en el Cuadro N° 3. Esto indica una mejor respuesta de la regeneración establecida después de la intervención al cambio de las condiciones ambientales que se producen con el manejo de los bosques.

Cuadro N° 3
NÚMERO DE PLANTAS Y PORCENTAJE DE ESTABLECIMIENTO EN LOS RODALES INTERVENIDOS.

Establecimiento	CR+3		CR+8		CF+4	
	N°	%	N°	%	N°	%
Antes corta	44	100	41	93,2	34	77,3
Después corta	0	0	3	6,8	10	22,7
Total	44	100	44	100	44	100,0

Altura de la Regeneración Dominante

En la Figura N° 4, se muestra la evolución de la altura promedio de la regeneración dominante desde el bosque virgen hasta 14 años después de la corta, siendo la encontrada en esta última fase, cinco veces mayor que la del bosque sin intervenir.

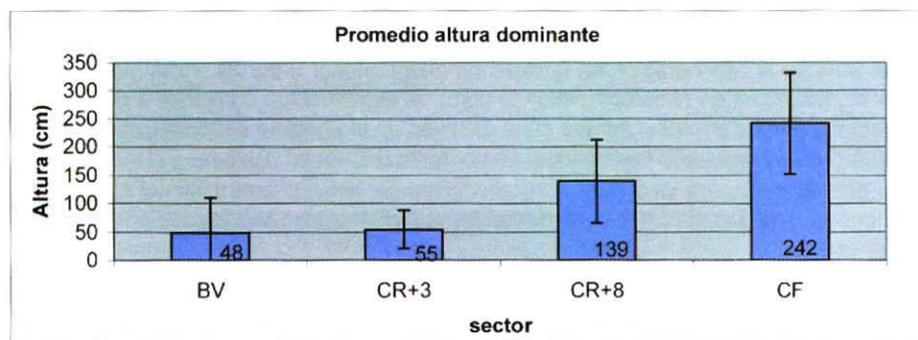


Figura N° 4
PROMEDIO DE LA ALTURA DE LA REGENERACIÓN DOMINANTE

Crecimiento de la Regeneración Dominante

El crecimiento en altura de la regeneración dominante en los bosques intervenidos fue de 4,0 cm/año antes de la intervención. Después de la corta, el crecimiento en altura se incrementa en más de 3 veces, con una tasa promedio de 13,1 cm/año. En el rodal con la corta final efectuada 4 años antes, el crecimiento en altura aumenta a 21,6 cm/año.

Las plantas que se establecieron después de la corta de regeneración crecen más que las plantas que se establecieron antes de la intervención. El crecimiento promedio de las plantas establecidas después de la corta fue de 14 cm/año y se eleva a 24 cm/año después de la corta final. En cambio, el crecimiento de la regeneración establecida antes de la corta de regeneración fue de 13 y 21 cm/año para los mismos periodos (Figura N° 5). Esta es la razón por la que aumenta gradualmente la participación de las plantas que se establecieron después de la corta de regeneración en la regeneración dominante.

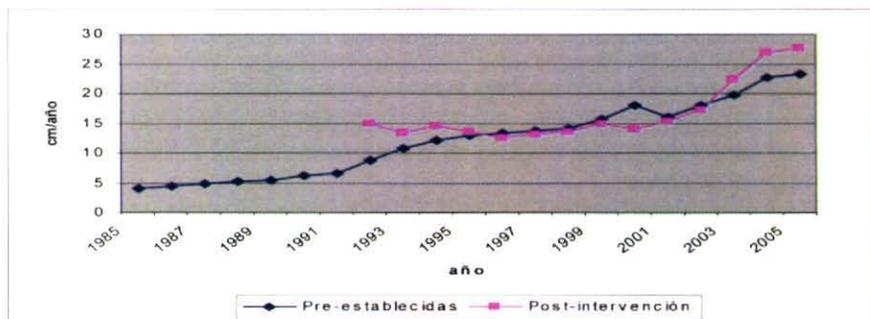


Figura N° 5
CRECIMIENTO PROMEDIO ANUAL DE LA REGENERACIÓN ESTABLECIDA ANTES Y DESPUÉS DE LA CORTA DE REGENERACIÓN (cm/año)

CONCLUSIONES

Sobre el Efecto de la Corta de Regeneración en el Dosel de Protección

El bosque en estudio corresponde a un bosque de lenga de buena calidad para la región. Las existencias, el crecimiento y la estabilidad, se ajustan a lo exhibido por bosques de similares características.

El dosel de protección presenta una buena estabilidad después de la corta, con pérdidas en volumen del orden del 20% del dosel remanente.

Los árboles juveniles fueron los más vulnerables a los efectos adversos del viento, presentando daños del orden del 54% en los distintos rodales. Mayor estabilidad mostraron los árboles en fases más avanzadas, por lo tanto es recomendable privilegiar estos árboles en la constitución del dosel de protección.

El crecimiento de los árboles en diámetro y en volumen aumenta después de efectuada la corta de regeneración. El incremento en diámetro es mayor en árboles en las clases diamétricas inferiores, llegando a un aumento del 127% en la clase menor (11-20 cm). En las clases diamétricas superiores, el incremento disminuye, siendo menor al 30% para los árboles mayores a 90 cm de DAP.

Regeneración

La densidad de regeneración en los bosques intervenidos es alta y disminuye en forma gradual al distanciarse en el tiempo de la corta, debido a la mayor competencia a medida que éstas crecen en altura.

El crecimiento en altura de la regeneración aumenta después de la corta de regeneración y se eleva aún más después de la corta final.

La regeneración dominante creció en promedio 21,5 cm/año y alcanzó una altura promedio de 242 cm 14 años después de la corta de regeneración.

La evolución de la altura y del crecimiento de la regeneración en los bosques intervenidos indica que una espera de 10 años después de la intervención resulta suficiente para hacer la corta final del dosel de protección.

El crecimiento en altura de las plantas establecidas después de la corta de regeneración es mayor que el de las plantas establecidas antes de la corta de regeneración.

REFERENCIAS

Donoso, C. 1994. Bosques templados de Chile y Argentina. Variación, Estructura y Dinámica. Ecología Forestal. Editorial Universitaria. 483 p.

INFOR – CONAF. 2005. Exportaciones Forestales Chilenas. Enero-Diciembre 2004. Boletín estadístico N° 99. Santiago, Chile. 172 p.

Ormazabal, P. y Benoit, C. 1987. El estado de conservación del género *Nothofagus* en Chile. Bosque 8(2):109-120.

Rodríguez, C. 2002. Desarrollo de los bosques de Lengua (*Nothofagus pumilio*) después de la corta de regeneración en Monte Alto, XII Región. Memoria Ing. Forestal. Universidad de Chile. Facultad de Cs. Forestales. Santiago, Chile. 64 p.

Schmidt, H. y Urzua, A. 1982. Transformación y manejo de los bosques de Lengua en Magallanes. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias, Veterinarias y Forestales, Departamento de Silvicultura y Manejo. Santiago, Chile. Ciencias Agrícolas N° 11. 62 p.

Schmidt, H.; Cruz, G.; Promis, A. y Álvarez, M. 2003. Transformación de los bosques de Lengua vírgenes e intervenidos a bosques manejados. Publicaciones Misceláneas Forestales N° 4. Facultad de Ciencias Forestales. Universidad de Chile. Santiago de Chile. 60 p.

Schmidt, H.; Caldentey, J.; Promis, A. y Schmidt, A. 2004. Seguimiento forestal y ambiental del uso de los bosques de Lengua – XII Región. U. de Chile/CONAF/Intendencia XII Región. 40 p.

Smith, D. 1986. The practice of silviculture. 8th ed. New York, USA. 527 p.

EFFECTO DE UNA CORTINA CORTAVIENTOS FORESTAL, SOBRE LA PRODUCCIÓN DE CULTIVOS FORRAJEROS EN AYSÉN, PATAGONIA (CHILE)

Oswaldo Teuber W.¹; Iván Moya N.² y Álvaro Sotomayor G.³

RESUMEN

Entre las temporadas 2003/04 y 2005/06, se desarrolló una investigación en la comuna de Coyhaique, zona intermedia de la Región de Aysén, que tuvo por objetivos: (i) determinar el efecto de una cortina cortaviento forestal sobre el rendimiento de especies pratenses forrajeras y (ii) determinar la relación entre este rendimiento y los cambios microclimáticos generados por el efecto protector de la cortina.

La cortina cortaviento forestal seleccionada correspondió a una estructura de tres hileras, compuesta por las especies *Pinus sylvestris* (hilera hacia el barlovento), *Pinus ponderosa* (hilera intermedia) y *Pinus contorta* (hilera hacia el sotavento), de aproximadamente 35 años y altura promedio de 14 metros. Esta cortina recibió una poda lateral en ambos lados y una poda de raíces sólo en el sector de sotavento. El terreno aledaño a la cortina, tanto en el sector de barlovento como de sotavento, correspondió a un suelo plano, con características físicas y químicas típicas de los suelos de la Zona Intermedia de Aysén, cubierto por una pradera polifítica sembrada, la cual fue eliminada en forma química (herbicida de acción total) y removida a través de labranza tradicional (aplicación de rastra, arado y rotovator), para realizar la siembra mecanizada de las distintas especies pratenses y mezclas forrajeras a evaluar. Los cultivos fueron establecidos y ordenados como ensayos experimentales, en diseño de bloques completos al azar, con tres repeticiones y fueron sembrados en forma perpendicular a la cortina y paralelos a la dirección del viento predominante, hasta una distancia de 70 metros en el sector de barlovento (5H o 5 veces la altura de la cortina) y hasta 210 metros en el sector de sotavento (15H). Los tratamientos a comparar fueron el desarrollo de las plantas (altura o largo de hojas, panojas y espigas) y las producciones totales (Kg MS ha⁻¹) de las distintas especies, a diferentes distancias de la cortina cortaviento, tanto en el sector de barlovento, como en el de sotavento.

Los resultados del estudio permitieron comprobar, que las cortinas cortavientos forestales modifican positivamente distintos parámetros microclimáticos de importancia para el desarrollo vegetal, lo que finalmente se traduce en un mayor desarrollo y producción de los cultivos que crecen al interior de las zonas de protección creadas por la cortina. Los cultivos evaluados alcanzaron mayor crecimiento y rendimiento en las zonas de máxima protección, que se ubican preferentemente entre 1H y 8H, del sector de sotavento, comparado con las zonas entre 9H y 15H de sotavento y las ubicadas entre 1H y 5H del sector de barlovento. Lo anterior se comprobó por el aumento de sobre el 10% de producción en pasto ovillo y sobre el 16% para la mezcla forrajera, cuando se comparó el sector más protegido con los más desprotegidos.

Palabras clave: Cortinas cortaviento, producción forrajera

¹ Instituto de Investigaciones Agropecuarias, INIA Tameil Aike, Chile. oteuber@inia.cl

² Instituto Forestal, INFOR Sede de la Patagonia, Chile. imoya@infor.cl

³ Instituto Forestal, INFOR Sede Bio Bio, Chile. asotomay@infor.cl

EFFECT OF A WINDBREAK ON THE PRODUCTION OF DIFFERENT FORAGE CROPS IN AYSÉN, PATAGONIA (CHILE).

SUMMARY

The purpose of this study was to determine the effect of a windbreak system based on forest species on the yield of a pasture and forage crops. The study was conducted during three growing seasons (2003/04 to 2005/06) in Coyhaique area. Particularly, the relationships between crop yield and the change of microclimatic parameters were also studied.

The selected windbreak system was composed by three rows of *Pinus sylvestris* (windward), *Pinus ponderosa* (middle), and *Pinus contorta* (leeward). The windbreak system is 35 years old and reaches 14 m height. The top and roots of the windbreak was pruned following standard procedures. The windbreak is located on a volcanic soil representative of the intermediate zone conditions. The forage crops and the pasture species were established through traditional seeding methods, right after chemical elimination of previous natural grassland. Crops and pasture species were located at both sides of the windbreak. At the windward, species were located along a distance of five times of the height of the windbreak (5H). On the other hand, at the leeward position, the distance was fifteen times the height of the windbreak (15H). Total yield in (Kg MS ha⁻¹) at different distances from the windbreak were measured.

The results indicate that forest windbreak has a positive effect on the crop growth due to the improvement of the microclimatic parameters. The maximum crop yields were obtained between 1H and 8H on leeward, to compare with yields obtained between 9H and 15H at leeward and 1H to 5H on windward.

Key words: Windbreak, pasture yield

INTRODUCCION

Las cortinas cortaviento forestales tienen como objetivo principal frenar o disminuir la velocidad del viento para proteger una superficie definida de terreno en torno a esta estructura, generando una serie de beneficios para las actividades desarrolladas en el campo. Entre sus efectos se destacan: (i) reducción de la erosión eólica; (ii) protección de las plantas de cultivos agrícolas; (iii) mejoramiento del manejo de la nieve; (iv) protección de las infraestructuras y construcciones del campo; (v) protección del ganado; (vi) aumento del hábitat para la vida silvestre; (vii) mejoramiento de la eficiencia del riego; (viii) captura de carbono atmosférico; (ix) disminución de olores provenientes de explotaciones ganaderas y (x) disminución del polvo en suspensión, provenientes de labores de labranza.

Además de generar los beneficios antes mencionados, estas cortinas cumplen funciones de producción forestal, entre ellos: (i) generar productos madereros obtenidos directamente de la explotación de la cortina en edad adulta (madera aserrable, postes, polines, pulpa, etc.) y (ii) generar subproductos de los árboles como frutos, flores, hongos micorrízicos, piezas ornamentales, etc.

El principal objetivo de las cortinas cortaviento forestal, es la reducción de la velocidad del viento, para que este fluya a baja velocidad a través del campo. Este fenómeno de la reducción del viento y la forma como se genera, ha despertado el interés de diversos investigadores que han llegado a corroborar que hileras de árboles y arbustos correctamente establecidas en el campo, proveen una real protección a los vegetales y/o animales, contra la fuerza y turbulencia del viento (Horvath, 2002).

Aún cuando existen numerosos estudios en torno a la forma como trabajan las cortinas cortaviento forestales y los beneficios que ellas generan, en Chile no existen muchas experiencias al respecto. Si bien en el país existirían alrededor de 37.000 ha de cortinas cortaviento forestales, la mayoría de estas poseen un diseño regular a malo, que debido a la falta de manejo y a la ausencia de sistemas de reconversión o renovación, provocarían más daños que beneficios (Alarcón, 2002).

La experiencia en cortinas cortaviento forestales en la Región de Aysén, es aún más escasa, debido a la falta de conocimiento local sobre su establecimiento, manejo, funcionamiento, beneficios y a los escasos estudios realizados al respecto. Este es un aspecto especialmente relevante, por cuanto la región presenta importantes problemas asociados a los efectos del viento, el cual provoca erosión y acentuados efectos negativos, no cuantificados, sobre los cultivos agrícolas y producción animal, que representan una de las bases económicas de esta zona del país.

Consecuentemente, desde fines de los '90 el Instituto Forestal (INFOR) y el Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA) han desarrollado iniciativas de investigación y desarrollo en la Región de Aysén, con la finalidad de generar información sobre cortinas cortavientos forestales, validarla localmente y transferirla a los productores locales. Particularmente difundir sus beneficiosos efectos, así como las normas de manejo más adecuadas para estas estructuras.



Parte de la investigación efectuada en la región, donde se buscó conocer el efecto que tiene una cortina cortaviento forestal sobre el crecimiento y desarrollo de cultivos de especies pratenses forrajeras, de amplio uso a nivel local, dentro de los sistemas ganaderos tradicionales, se presenta en este artículo.

OBJETIVOS

El objetivo general del estudio es incrementar la productividad de los predios de la Región de Aysén, mediante la innovación en el uso de los suelos y la integración de los componentes forestales y ganaderos. El objetivo específico es evaluar el efecto de una cortina cortaviento forestal sobre la producción y el crecimiento de diferentes cultivos forrajeros (pasto ovillo (*Dactylis glomerata*) y una mezcla forrajera compuesta por *Lolium perenne*, *Festuca arundinacea* y *Trifolium repens*)

ANTECEDENTES GENERALES

La Región de Aysén corresponde a una de las más extensas del territorio chileno, abarcando una superficie 10,8 millones de hectáreas. Esta región se puede dividir transversalmente en tres zonas bien delimitadas, cada una con características agroecológicas muy particulares. De este a oeste se encuentra la Zona Húmeda, que se caracteriza por una gran dispersión de islas y archipiélagos, conformando el sector de canales y fiordos, que en su parte continental, corresponde a la vertiente occidental de la Cordillera de Los Andes. Posteriormente sigue la Zona Intermedia, que comprende todos los valles intermontanos y parte de la vertiente oriental de la cordillera de Los Andes y finalmente la Zona de Estepa, que ocupa sectores adyacentes a la frontera argentina y se caracteriza por sus cuencas y amplias mesetas, conformando lo que se conoce como Pampa Patagónica o Coironal (Hepp, 1996).

De las tres zonas agroecológicas señaladas, las dos últimas son las que presentan las mayores limitantes desde el punto de vista climático, ya que en la Zona Intermedia presenta una alta amplitud térmica, precipitación media anual de 500 a 1.500 mm, un periodo libre de heladas de aproximadamente cuatro meses y fuertes vientos en los meses de primavera y verano, que inciden en que exista déficit hídrico. La Zona de Estepa, presenta precipitaciones aún más escasas (300 a 700 mm), un periodo libre de heladas de sólo dos a tres meses y cinco meses de déficit hídrico, debido a la falta de precipitaciones y a los vientos de gran intensidad (Hepp, 1996).

De acuerdo a antecedentes climáticos recopilados en la estación meteorológica de INIA Tamel Aike (Zona Transición a Estepa), el viento predominante de esta zona tiene dirección Oeste a Nor-Oeste y su máxima velocidad se alcanza en el mes de diciembre, con un promedio de 20,7 Km/h, mientras que la mínima es en junio con 15,5 Km/h, existiendo amplias variaciones para los distintos meses y en los diferentes años. Si bien la velocidad del viento no es excesivamente alta, es suficientemente para afectar el desarrollo de los cultivos (aumento de la evapotranspiración, daño mecánico al estrellar las plantas entre sí, no permitir el aumento de temperatura, etc.). Por lo mismo, es importante realizar prácticas culturales tendientes a evitar la erosión y establecer cortinas cortavientos naturales (Contreras, 2002).

El viento es uno de los fenómenos climáticos más característicos y al mismo tiempo, uno de los mayores agentes erosivos de los suelos de Aysén, en especial en aquellos manejados inadecuadamente y/o en aquellos con perfiles de menor profundidad, mayor pendiente y que carecen de cubierta vegetal. En este sentido, los resultados indicados por Mejías (2001), señalan que durante las labores de labranza realizadas en primavera, se ha registrado una pérdida de suelo superior a 15 ton/ha debido a la acción eólica, siendo importante señalar que el 20% de él, correspondería a la fracción más fértil del suelo, incluyendo nutrientes (N, P, K y S) y materia orgánica.

La incidencia de vientos fuertes, en la Zona Intermedia, se produce durante el 18% del año, concentrándose el 48% de ella entre los meses de diciembre y febrero. La incidencia de estos vientos en la Zona de Estepa es significativamente más alta, ya que en ella se producen durante más del 90% del año, concentrándose el 34% de esta incidencia, entre los meses de diciembre y febrero. Adicionalmente, el viento es el principal demandante de humedad del suelo, al respecto en las Zonas Intermedia y de Estepa, sólo el 15% de las precipitaciones se producen entre los meses de diciembre y febrero, coincidiendo con la época de más alta incidencia de vientos.

El fenómeno del viento puede ser manejado por el hombre a través del establecimiento de cortinas cortavientos forestales, las cuales permiten disminuir los efectos negativos que éste genera (Brandle y Hodges, 2000). Tales cortinas conforman una barrera física que permite disminuir la velocidad del viento, provocando un cambio en las características microclimáticas del sector aledaño a estas estructuras, mejorando parámetros como temperatura de suelo, temperatura ambiente, humedad de suelo, humedad del ambiente y velocidad del viento. De esta forma permiten proteger a los suelos de la erosión y proteger a los cultivos y animales para que se desarrollen en forma más adecuada.

MATERIAL Y METODO

El estudio se desarrolló entre septiembre de 2003 y junio de 2006, en el sector de Valle Simpson, de la comuna de Coyhaique, Zona Intermedia de la Región de Aysén, seleccionándose para ello una cortina cortaviento forestal constituida por tres hileras de pinos; *Pinus sylvestris* (enfrentando al viento o barlovento), *Pinus ponderosa* (hilera central) y *Pinus contorta* (hilera protegida del viento o sotavento). Los árboles tenían una altura media de 14 m y 35 años de edad.

La cortina fue manejada para adecuar su porosidad a un 50-60%, para lo cual se realizaron podas laterales, hasta 6 metros de altura, tanto en barlovento como en sotavento. Debido a la ausencia de ramas en la parte basal (causada por el ramoneo de los animales), se instaló en el lado de barlovento una cortina artificial de malla raschel de 65% de porosidad y de 3 metros de altura, para lograr una porosidad similar en todo el alto de la cortina. Finalmente, se procedió a realizar una poda de raíces, a una distancia de 5 metros de la última hilera de árboles y a una profundidad de 60-80 cm, utilizando para ello un arado subsolador, labor que sólo fue efectuada en el sector de sotavento.

En torno a la cortina se seleccionó un terreno plano, constituido por una pradera permanente polifítica (pradera formada por mezcla de especies leguminosas y gramíneas que germinan y crecen en distintas épocas del año), donde se cercó una superficie de 55 m de ancho por 80 m de largo en el sector de barlovento y de 55 m de ancho por 215 m de largo en el sector de sotavento. Esta pradera fue eliminada en forma química, a través de la aplicación de un herbicida de acción total (6 l/ha de glifosato, en 300 litros de agua), para posteriormente preparar el terreno a través de labranza tradicional (utilización de rastra de discos, arado cincel, rotovator y rodillo compactador), quedando el terreno preparado para la siembra.

La siembra de las especies forrajeras se realizó con máquina cerealera (Semeato), con separación de discos de 18 cm, donde las hileras de siembra se efectuaron perpendiculares a la cortina y paralelas a la dirección del viento predominante. Las especies y cultivares a sembrar fueron pasto ovillo, cultivar Potomac, como siembra pura y la mezcla forrajera compuesta por ballica perenne, festuca y trébol blanco, cultivares Jumbo, Maximize y Huia, con dosis de siembra de 12; 20; 10 y 6 kg ha⁻¹, respectivamente.

La fertilización aplicada a ambos tratamientos, al momento de la siembra, fue de 100-200-160-50 kg ha⁻¹ (N-P-K-S, respectivamente), mientras que en la primavera de la segunda temporada, se aplicaron 100-100-80-30 kg ha⁻¹ (N-P-K-S, respectivamente), en cobertera y utilizando como fuentes de nutrientes la urea (nitrógeno), súper fosfato triple (fósforo), muriato de potasio (potasio) y azufre ventilado (azufre).

Para evaluar el desarrollo y rendimiento del pasto ovillo y la mezcla forrajera, se procedió a dividir cada faja de cultivo, en sectores o tramos de avance de 14 metros (14 metros = H, que es la altura de la cortina), por lo que el sector de barlovento se dividió en cinco tramos, desde 1H hasta 5H y sector de sotavento se dividió en quince tramos, desde 1H hasta 15H (Figura N° 1).

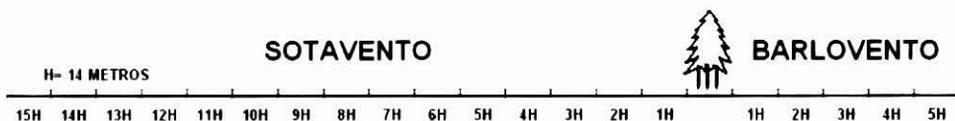


Figura N° 1
ESQUEMA DE DISTRIBUCIÓN DE DISTANCIAS DONDE SE EVALUARON LOS ENSAYOS.

En cada una de estas alturas o tramos (20 alturas en total), se procedió evaluar el crecimiento de las plantas (altura medida como largo de hojas y largo de panojas o espigas, según fuera el caso), para posteriormente sacar tres muestras (tres cortes) dentro de cada una de las alturas y por cada una de las repeticiones. Cada una de estas muestras fue pesada, para determinar la producción de materia verde y posteriormente, una muestra era extraída, para realizar los análisis de laboratorio (determinación de materia seca y composición botánica). Con el detalle de la superficie evaluada bajo corte y el porcentaje de materia seca determinado en el laboratorio, se procedió a determinar la producción de materia seca por superficie de muestreo, la que posteriormente era extrapolada a producción de materia seca por hectárea.

El diseño experimental del ensayo correspondió a tres bloques completos al azar, donde los resultados productivos fueron analizados estadísticamente a través de análisis de varianza para comparar los promedios y la prueba de hipótesis específica LSD (Least Significant Difference) para determinar el nivel de significancia al 5%.

RESULTADOS Y DISCUSION

A continuación se presentan los resultados de dos ensayos, a) evaluación de pasto ovillo y b) evaluación de mezcla forrajera, en cuanto a producción total. Los resultados corresponden a la evaluación de dos cortes por cada especie, realizados durante la temporada 2005-2006.

Evaluación del Pasto Ovillo

El Pasto Ovillo (*Dactylis glomerata*), corresponde a la principal gramínea forrajera constituyente de las praderas naturalizadas y sembradas de la Zona Intermedia de Aysén, producto de su buena adaptación a condiciones de déficit hídrico y a su buen comportamiento bajo sistemas de pastoreo, principalmente con bovinos.

El ensayo fue evaluado en dos cortes, el primero de ellos se realizó el 31 de enero y el segundo el 30 de mayo del año 2006. En el primer corte, al analizar el desarrollo de las plantas de esta especie, medido como largo de hojas (factor evaluado pero no presentado en el presente artículo), se pudo apreciar que las plantas que crecieron en el sector de sotavento, alcanzaron una mayor altura que las de barlovento, lo cual es similar para el caso de la altura de pastos.

En cuanto a la producción de materia seca a distintas distancias desde la cortina, se observó una tendencia, aunque no completamente clara, a obtener mayor producción en los sectores más protegidos de sotavento. Entre 1H y 5H se produjo desde 9.989 hasta 10.845 Kg MS/ha (Figura N° 2), valores que son levemente superiores a los alcanzados entre las distancias de 5H y 15H, donde la producción promedio fluctuó entre 8.843 y 9.880 Kg MS/ha. Sin embargo, cuando se compara el sector de sotavento, con el de barlovento, se aprecia que la diferencia de producción es mayor, ya que en barlovento se alcanzó una producción promedio que fluctuó entre 7.703 y 9.342 Kg MS/ha. Dentro de estas producciones se destaca la obtenida a la distancia de 2H-3H en sotavento, que fue estadísticamente superior a la obtenida en 0H-1H y 13H-14H de sotavento y a todas las producciones alcanzadas en barlovento, excepto a la distancia de 1H-2H, con la que fue estadísticamente similar.

Al comparar el promedio de producción obtenido entre 0H y 14H en sotavento, que alcanzó los 9.649 Kg MS/ha, con la producción obtenida a los 15H de sotavento (considerado como testigo), que fue de 9.046 Kg MS/ha, se aprecia que el sector más protegido produjo un 6% más de materia seca, que el testigo. No obstante, si se compara el promedio de producción de sotavento que fue de 9.609 Kg MS/ha, con el promedio de producción de barlovento que fue de 8.294 Kg MS/ha, se determina que en sotavento se produjo un 16% más de materia seca por hectárea.

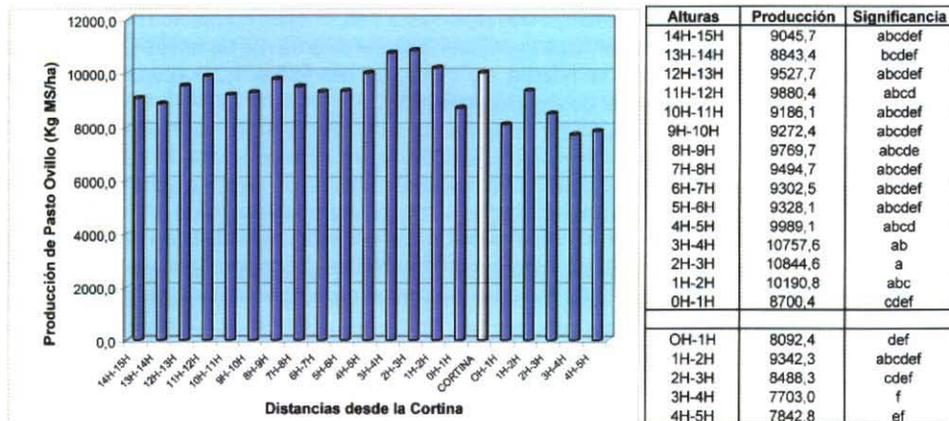


Figura N° 2
PRODUCCIÓN DE PASTO OVILLO A DIFERENTES DISTANCIAS DE LA CORTINA, EN EL PRIMER CORTE DE LA TEMPORADA, EXPRESADO COMO Kg MS/ha

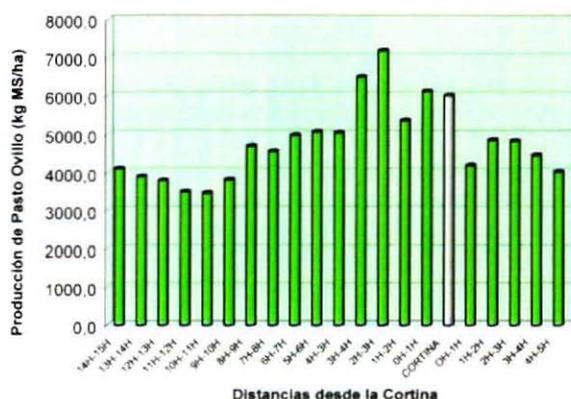
(Letras distintas en la misma columna, señalan diferencia estadísticamente significativa, $p \leq 0,05$)

El segundo corte fue realizado a fines de mayo, ya que el período de otoño presentó buenas condiciones climáticas y hacia finales de mayo aún se observaba crecimiento en algunas de las especies evaluadas, sobre todo en las especies forrajeras pratenses, por lo que se decidió atrasar la evaluación del último corte, hasta la fecha antes señalada.

Al analizar la producción de materia seca del segundo corte, se pudo apreciar que las distancias de 0H a 4H de sotavento fueron las de mayor producción, con valores entre 5.356 y 7.174 Kg MS/ha (Figura N° 3). Estos corresponden a valores relativamente altos, considerando que provienen de un segundo corte realizado en pleno período de déficit hídrico.

Posteriormente, a partir de la distancia de 5H comenzó un descenso en la producción hasta la distancia de 12H, con valores que fluctuaron entre 5.073 y 3.471 Kg MS/ha, para finalmente tener un leve repunte hacia las últimas tres alturas. En tanto en el sector de barlovento, la producción alcanzada fue inferior a las distancias más protegidas del sector de sotavento, con valores entre 4.016 y 4.847 Kg MS/ha. Sin embargo, se destaca la producción obtenida a las distancias de 2H-4H, que fueron estadísticamente superiores a todas las demás distancias, tanto de sotavento, como de barlovento.

Al comparar el promedio de producción obtenido entre 0H y 14H en sotavento, que alcanzó los 4.853 Kg MS/ha, con la producción obtenida a los 15H de sotavento (considerado como testigo), que fue de 4.103 Kg MS/ha, se aprecia que el sector más protegido produjo un 18% más de materia seca, que la producción del testigo. Ahora, si se compara el promedio de producción de sotavento (4.803 kg MS/ha) con el promedio de producción de barlovento (4.469 kg MS/ha) se concluye que en la primera situación se produjo un 7% más de materia seca por hectárea.

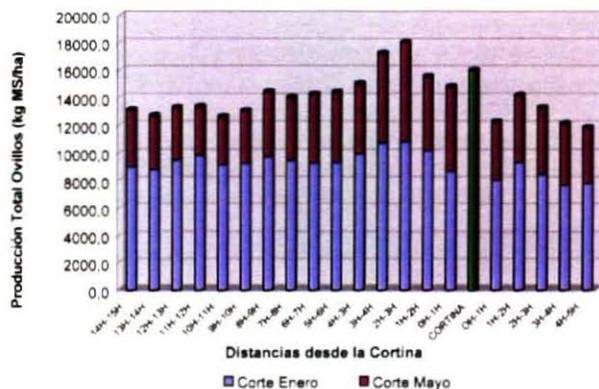


Distancias	Producción	Significancia
14H-15H	4103.4	defg
13H-14H	3893.5	efg
12H-13H	3798.6	efg
11H-12H	3503.8	fg
10H-11H	3470.5	g
9H-10H	3814.7	efg
8H-9H	4691.8	cde
7H-8H	4558.1	cdef
6H-7H	4968.9	cd
5H-6H	5073.1	bcd
4H-3H	5044.7	bcd
3H-4H	6480.0	a
2H-3H	7174.6	a
1H-2H	5356.3	bc
0H-1H	6111.6	ab
0H-1H	4192.0	defg
1H-2H	4847.0	cde
2H-3H	4831.0	cde
3H-4H	4458.5	cdefg
4H-5H	4016.4	defg

Figura N° 3

PRODUCCIÓN DE PASTO OVILLO A DIFERENTES DISTANCIAS DE LA CORTINA, EN EL SEGUNDO CORTE DE LA TEMPORADA, EXPRESADO COMO Kg MS/ha
(Letras distintas en la misma columna, señalan diferencia estadísticamente significativa, $p \leq 0.05$)

La producción acumulada de pasto ovillo (Figura N° 4) fluctuó entre 11.859 y 18.019 Kg MS/ha, resultando alta respecto a los antecedentes y registros regionales. La mayor producción se alcanzó en los sectores mas protegidos de sotavento, entre las distancias de 0H y 5H, donde fluctuó entre 14 y 18 Ton MS/ha. A partir de la distancia de 6H hasta 15H, la producción promedio fluctuó entre 12,7 Ton MS/ha hasta 14,5 Ton MS/ha. En tanto que en barlovento, la producción acumulada fluctuó entre 11,9 Ton MS/ha y 14, 2 ton MS/ha.



Distancias	Producción	Significancia
14H-15H	13149.1	defgh
13H-14H	12736.8	efgh
12H-13H	13326.3	defgh
11H-12H	13384.2	cdefgh
10H-11H	12656.6	efgh
9H-10H	13087.1	defgh
8H-9H	14461.5	cdef
7H-8H	14052.7	cdefg
6H-7H	14271.4	cdefg
5H-6H	14401.2	cdef
4H-3H	15033.8	cd
3H-4H	17237.6	ab
2H-3H	18019.2	a
1H-2H	15547.1	bc
0H-1H	14811.9	cde
0H-1H	12284.4	fgh
1H-2H	14189.3	cdefg
2H-3H	13319.3	defgh
3H-4H	12161.5	gh
4H-5H	11859.2	h

Figura N° 4

PRODUCCIÓN ACUMULADA DE PASTO OVILLO A DIFERENTES DISTANCIAS DE LA CORTINA, DURANTE LA TEMPORADA 2005-2006, EXPRESADO COMO Kg MS/ha
(Letras distintas en la misma columna, señalan diferencia estadísticamente significativa, $p \leq 0.05$).

Al comparar el promedio de producción obtenido entre 0H y 14H en sotavento (14.502 Kg MS/ha), con el obtenido a los 15H de sotavento, considerado como testigo (13.149 Kg MS/ha), se aprecia que el sector más protegido produjo un 10% más de materia seca que el testigo. Ahora, si se compara el promedio de producción de sotavento (14.412 kg MS/ha), con el de barlovento (12.762 kg MS/ha), se observa que el primero produjo un 13% más de materia seca por hectárea.

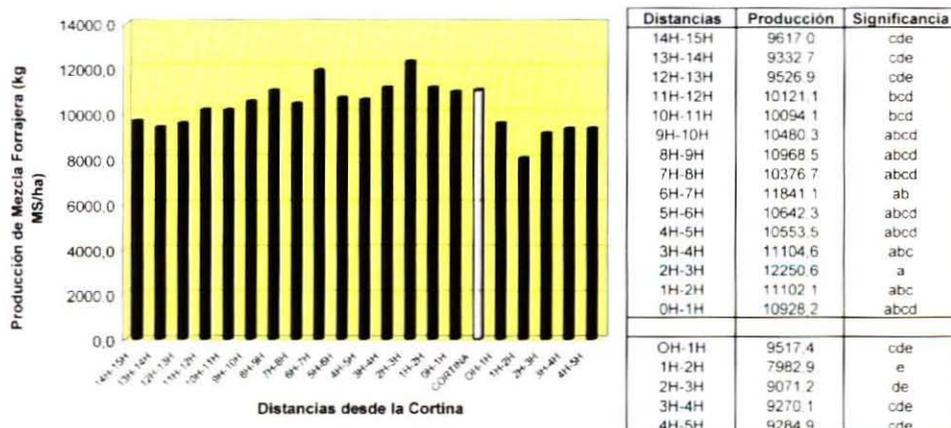
Los resultados anteriores demuestran que el pasto ovillo, si bien es una especie de alta adaptación a las condiciones edafoclimáticas de la Zona Intermedia de la Región de Aysén, responde favorablemente a la protección de una cortina cortaviento forestal, lográndose aumentos de producción superiores al 10%. Este incremento se debe a las favorables condiciones microclimáticas que genera una cortina cortaviento forestal, que favorecen el crecimiento y desarrollo del pasto ovillo.

Evaluación de la Mezcla Forrajera

El establecimiento de mezclas forrajeras, es una de las formas más habituales de establecimiento de praderas en la Región de Aysén, ya que de esta forma se aprovecha el potencial y características productivas y de calidad, de todas las especies que componen esta mezcla. En este estudio la mezcla estuvo compuesta por ballica perenne (*Lolium perenne*), festuca (*Festuca arundinacea*) y trébol blanco (*Trifolium repens*).

El ensayo fue establecido en la temporada 2004-2005, pero durante ese primer año, se dejó que este creciera y se estableciera adecuadamente. Las evaluaciones se realizaron a partir de la temporada 2005-2006, durante la cual se realizaron dos cortes, el primero de ellos el 31 de enero y el segundo el 31 de mayo.

Al analizar la producción de materia seca a distintas distancias desde la cortina, se determinó una tendencia a obtener mayor producción en los sectores más protegidos de sotavento; entre 1H y 9H se obtuvo entre 10.377 y 12.250 Kg MS/ha (Figura N° 5), valores que son levemente superiores a los alcanzados entre las distancias de 10H y 15H, donde la producción promedio fluctuó entre 9.333 y 10.480 Kg MS/ha. Sin embargo, cuando se comparó el sector de sotavento, con el de barlovento, se observó que la diferencia en la producción es mayor; en barlovento sólo se alcanzó una producción promedio de 7.983 a 9.517 kg MS/ha.



(Letras distintas en la misma columna, señalan diferencia estadísticamente significativa, $p < 0.05$).

Figura N° 5
PRODUCCIÓN DE LA MEZCLA FORRAJERA A DIFERENTES DISTANCIAS DE LA CORTINA, DURANTE EL PRIMER CORTE DE LA TEMPORADA, EXPRESADO COMO Kg MS/ha

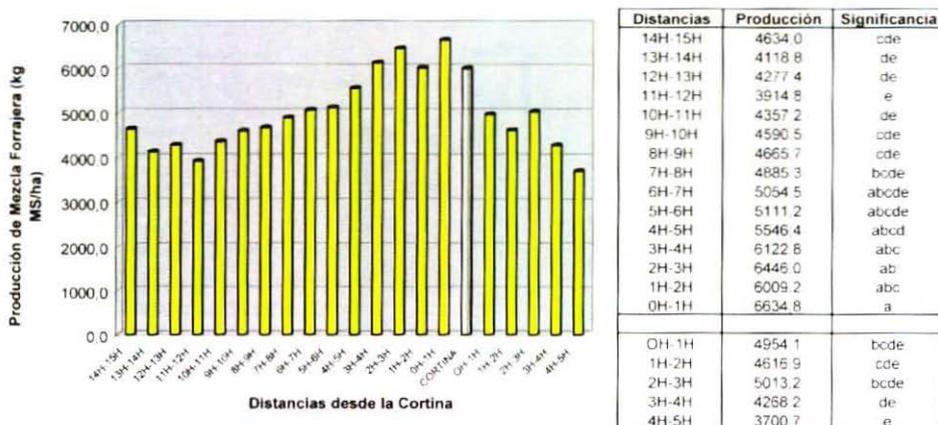
La mayor producción de biomasa seca del primer corte fue alcanzada en la distancia de 2H-3H.

Al comparar el promedio de producción obtenido entre 0H y 14H en sotavento (10.666 Kg MS/ha), con la producción obtenida a los 15H de sotavento, considerado como testigo (9.617 Kg MS/ha), se concluye que el sector más protegido produjo un 11% más de materia seca que el testigo. Ahora, al comparar el promedio de producción de sotavento (10.596 Kg MS/ha), con el de barlovento (9.025 Kg MS/ha), se concluye que el primero produjo un 17% más de materia seca por hectárea, lo que corresponde a una importante cantidad de forraje para un sistema ganadero de Aysén.

El segundo corte realizado a este ensayo se realizó a fines de mayo, en el cual también se midió el desarrollo de las plantas, en base al crecimiento o altura de hojas (datos recopilados pero no presentados en el presente artículo), además de la producción total de materia seca.

La producción de materia seca coincide con lo observado respecto el parámetro altura de plantas.

El sector más protegido de sotavento, entre las distancias de 0H a 5H, alcanza la mayor producción (5.546 a 6.635 Kg MS/ha) (Figura N° 6). Estos valores son relativamente altos, considerando que corresponden a un segundo corte, efectuado en pleno periodo de déficit hídrico y que las ballicas son especies particularmente sensibles a la falta de humedad en el suelo.



(Letras distintas en la misma columna, señalan diferencia estadísticamente significativa, $p \leq 0.05$).

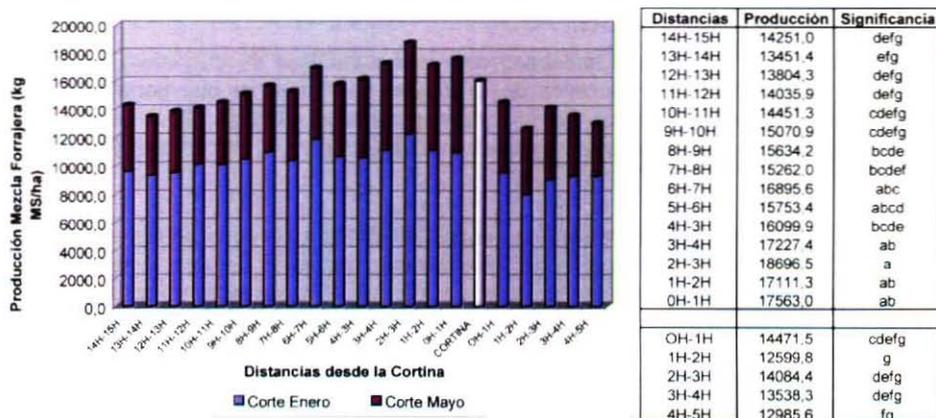
Figura N° 6
PRODUCCIÓN DE LA MEZCLA FORRAJERA A DIFERENTES DISTANCIAS DE LA CORTINA, DURANTE EL SEGUNDO CORTE DE LA TEMPORADA, EXPRESADO COMO Kg MS/ha

Posteriormente, a partir de la distancia de 6H, comienza un descenso en la producción, hasta la distancia de 12H, con valores que fluctuaron entre 5.111 y 3.915 Kg MS/ha, para finalmente tener un leve repunte hacia las últimas tres alturas. En tanto en el sector de barlovento, la producción alcanzada fue inferior a las distancias más protegidas del sector de sotavento, con valores entre 3.701 y 5.013 Kg MS/ha.

De la producción obtenida en el segundo corte de la temporada, destaca la obtenida entre los 0H y 1H de sotavento, con el valor más alto, siendo estadísticamente superior a las producciones alcanzadas en las distancias de 7H a 15H de sotavento y las cinco producciones alcanzadas en barlovento.

Al comparar el promedio de producción obtenido entre 0H y 14H en sotavento (4.981 Kg MS/ha), con la producción obtenida a los 15H de sotavento, considerado como testigo (4.634 Kg MS/ha), se observa que el sector más protegido produjo un 7% más de materia seca, que el testigo. Si se compara el promedio de producción de sotavento (5.091 Kg MS/ha) con el de barlovento (4.511 Kg MS/ha), se concluye que el primero produjo un 13% más de materia seca por hectárea.

Al analizar la producción acumulada para la mezcla forrajera, la que fluctuó entre 12.600 y 18.697 Kg MS/ha (Figura N° 7), se precia que ésta fue alta e incluso superior a la alcanzada por el pasto ovillo.



(Letras distintas en la misma columna, señalan diferencia estadísticamente significativa, $p \leq 0,05$).

Figura N° 7
PRODUCCIÓN ACUMULADA DE LA MEZCLA FORRAJERA A DIFERENTES DISTANCIAS DE LA CORTINA, DURANTE LA TEMPORADA 2005-2006, EXPRESADA COMO Kg MS/ha

Nuevamente se observa que la mayor producción se alcanzó en los sectores más protegidos de sotavento, entre las distancias de 0H y 7H, con producciones acumuladas de 15,7 hasta 18,7 Ton MS/ha. A partir de la distancia de 8H hasta 15H, la producción promedio fluctuó entre 13,5 y 15,6 Ton MS/ha. En barlovento, la producción acumulada alcanzó valores entre 12,6 y 14,5 Ton MS/ha.

Se destaca la producción acumulada obtenida a la distancia de 2H-3H de sotavento (18,7 Ton MS/ha), que fue superior estadísticamente a las producciones alcanzadas entre 8H y 15H de sotavento y a todas las producciones de barlovento.

Al comparar el promedio de producción obtenido entre 0H y 14H en sotavento (15.790 Kg MS/ha) con el obtenido a los 15H de sotavento, considerado como testigo, (14.251 Kg MS/ha), se aprecia que el sector más protegido produjo un 11% más de materia seca, que el sector considerado como testigo. Finalmente, al comparar el promedio de producción de sotavento (15.687 Kg MS/ha), con el de barlovento (13.536 Kg MS/ha), se concluye que el primero produjo un 16% más de biomasa por hectárea.

De los resultados obtenidos se destaca que la mezcla forrajera estudiada responde favorablemente a la protección de una cortina cortaviento forestal, lográndose aumentos de producción superiores al 16%, lo que al igual que en el caso del pasto ovillo, representa un aumento considerable de materia seca para un sistema ganadero tradicional de la Región de Aysén.

CONCLUSIONES

Las cortinas cortaviento forestales son estructuras que pueden otorgar importantes beneficios a los sistemas productivos de la Región de Aysén, ya que permiten reducir la velocidad del viento, provocando así importantes cambios microclimáticos en los sectores cercanos a ella, que se traducen en mejores condiciones para el crecimiento y desarrollo de los cultivos.

El pasto ovillo, a pesar de ser una especie adaptada a las condiciones edafoclimáticas de la Zona Intermedia de la Región de Aysén, al ser protegida por una cortina cortaviento forestal mejora su crecimiento y producción en más de 10% respecto a sectores de menor protección.

La mezcla forrajera constituida por ballica, festuca y trébol blanco, también se vio beneficiada por el efecto protector de la cortina cortaviento. Alcanzó altos niveles de producción, los que superaron en más de 16% a los obtenidos en sectores menos protegidos.

REFERENCIAS

Alarcón, C. 2002. Importancia agroforestal de las cortinas forestales en Chile. En: Seminario Cortinas Forestales: Una alternativa de optimización productiva. Valdivia (Chile).

Brandt, J. and Hodges, L. 2000. Field windbreaks. University of Nebraska Extension. En: www.ianr.unl.edu/pubs/Forestry/ec1778.htm.

Contreras, C. 2002. Información agroclimática INIA Tamei Aike, 1997-2002. Instituto de Investigaciones Agropecuarias INIA Tamei Aike, Coyhaique, Chile. 29 p.

Hepp, C. 1996. Praderas en la Zona Austral: XI Región (Aysén). En: Praderas Para Chile. Instituto de Investigaciones Agropecuarias INIA. Santiago (Chile). Pp: 623-638.

Horvath, G. 2002. What is a field windbreak? Windbreak research at Iowa State University. En: www.forestry.iastate.edu/res/Shelterbelt.html

IREN-CORFO. 1979. Perspectivas de desarrollo de los recursos de la Región de Aysén del General Carlos Ibáñez del Campo. Caracterización Climática. Coyhaique, Chile. 92 p.

Mejías, J. 2001. Estimación de las pérdidas de suelo en sistemas de labranza tradicional en la Zona Intermedia de Aysén. En: Explotación conservacionista de suelos en Aysén. Instituto de Investigaciones Agropecuarias INIA Tamei Aike. Informe Final. Coyhaique, Chile. Pp: 5-15.

MÉTODO DE ANÁLISIS FENOLÓGICO DE UN RODAL SU APLICACIÓN EN UN ENJAMBRE HÍBRIDO DE *Prosopis spp.*

Ana A. Córdoba¹ y Anibal R. Verga¹

RESUMEN

Se desarrolló una metodología para describir, cuantificar y analizar el comportamiento de la floración de un rodal y de sus árboles individuales. Esta metodología tiene por objeto obtener la información necesaria sobre fenología del rodal, para establecer modelos del sistema de apareamiento a partir del análisis conjunto con información proveniente de análisis con marcadores moleculares sobre árboles semilleros y descendencias. Se aplica la metodología propuesta al estudio del sistema de apareamiento de un enjambre híbrido de *Prosopis spp.*, presentándose algunos resultados preliminares. El trabajo se llevó a cabo en un rodal ubicado en la región del Chaco Árido argentino que constituye un enjambre híbrido formado por las especies puras de *Prosopis flexuosa* y *Prosopis chilensis* y sus híbridos interespecíficos. Para el desarrollo del modelo fue necesario contar con información cuali y cuantitativa de la fase de floración. Se realizó un seguimiento fenológico individual de los árboles, teniendo en cuenta la presencia y cantidad de flores en fase de flor completamente abierta (flor receptiva). En base a estas observaciones fue posible estimar el periodo de floración (inicio y fin) de cada uno de los árboles. Para cuantificar la floración, se establecieron a campo categorías de intensidad de producción de flores. Con toda la información obtenida se determinó la función que describe la curva media de floración individual relacionando tiempo e intensidad de floración. Ajustando las observaciones fenológicas individuales a la función hallada, fue posible construir la curva de floración de cada planta. De esta forma se estima el aporte de flores de cada árbol día por día. En base a esta información se desarrolla un modelo del sistema de apareamiento que con información genética adicional obtenida mediante marcadores moleculares hace posible abrir hipótesis sobre la existencia de mecanismos de aislamiento genético entre los componentes del enjambre.

Palabras clave: *Prosopis*, híbridos, fenología, modelos de apareamiento

¹ Instituto de Fitopatología y Fisiología Vegetal (IFFIVE) INTA Argentina. cordobaana@yahoo.com.ar; arverga@yahoo.com

METHOD OF PHENOLOGICAL ANALYSIS OF A STAND ITS APPLICATION IN A HYBRID SWARM OF *Prosopis spp*

SUMMARY

A methodology was developed to describe, to quantify and to analyse the behaviour of flowering of a stand and its individual trees. This methodology intends to obtain the necessary data on the stand phenology, to establish models of mating system from the joint analysis with information originated with molecular markers about tree seed and their progenies. This methodology is applied to the mating system of a hybrid swarm of *Prosopis*. The work was carried out in a stand of the Argentinean region of the Arid Chaco, that constitute an hybrid swarm formed by the pure species of *Prosopis flexuosa* and *Prosopis chilensis* and its interspecific hybrids. To develop the model was needed to count with qualitative and quantitative information about the floral phase. With this purpose, the pursue of the phenology of each tree was made, having in count the presence and the quantity of flowers in receptive phase (full open flower). These observations allow estimating the flowering period (beginning and end) of each tree. To quantify the flowering, categories of intensity of flowers production were established in the field. The function that described the average curve of individual flowering that relates time and intensity was determined with the information obtained. Adjusting the individual phenological observations to the function found was possible to construct individuals flowering curves. In this way is possible to estimate the flowers contribute of each tree every day. A model of the mating system is evolved on the basis of that information, which with additional genetic data, obtained with molecular markers, makes possible to identify the existence of genetic isolation mechanism between the swarm components.

Key words: *Prosopis*, hybrids, phenology, mating models

INTRODUCCIÓN

El sistema de apareamiento determina en buena medida la constitución genotípica de la descendencia de un rodal. Los programas más utilizados en la actualidad para analizar el sistema de apareamiento y estimar sus principales parámetros (CERVUS, Marshall *et al.* (1998); MLTR, Rittland (2002) y otros) utilizan como información únicamente la surgida del análisis de marcadores moleculares sobre descendencias y progenitores. Sin embargo la información que puede aportar el estudio fenológico de un rodal, puede ser determinante para entender los mecanismos involucrados.

Es obvio que una condición necesaria para que dos plantas se apareen entre si es que ambas posean flores maduras simultáneamente. Si existe una distribución no aleatoria entre los tipos genéticos que se estudian y el comportamiento en los tiempos e intensidades de floración, habrá un desfase entre la composición genotípica esperada de la descendencia según se considere o no este aspecto. Estos programas asumen, entre otros supuestos, que todos los individuos tienen la misma probabilidad de aparearse entre si, por lo que en el proceso de análisis el comportamiento de la floración es uno de los factores desconocidos.

Este trabajo presenta un método para introducir al análisis del sistema de apareamiento el factor de la fenología floral, con el cual se obtienen frecuencias genotípicas esperadas en la descendencia que ya involucran el comportamiento fenológico del rodal, observado empíricamente. Quedando así descartado este efecto, se abre la posibilidad de afinar hipótesis sobre otros mecanismos ante diferencias entre frecuencias esperadas por el modelo y observadas mediante marcadores moleculares.

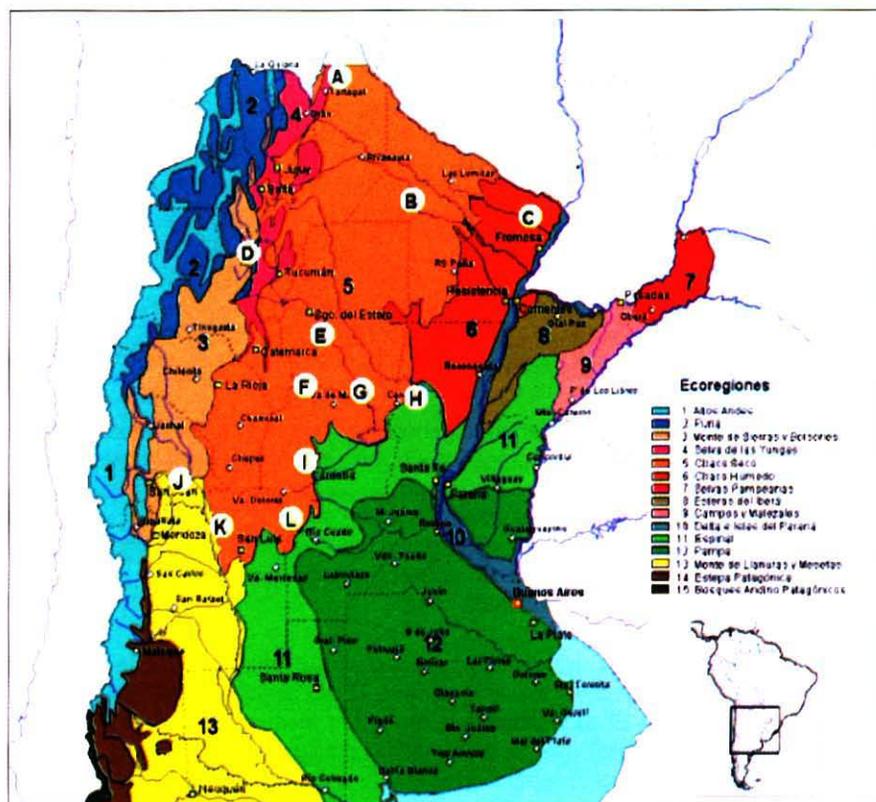
Cuando se trata de un enjambre híbrido, donde están presentes por lo menos dos especies y sus híbridos interespecíficos el sistema de apareamiento toma un significado especial. En este caso existe la posibilidad de estar frente a procesos microevolutivos que tienden a la generación de nuevas formas adaptadas a condiciones distintas que las de las especies parentales. En el caso de que estas nuevas formas tengan aplicación para el uso, la conformación de grupos de individuos con cierta estabilidad e identidad genética puede transformarse en base para la obtención de material de propagación adaptado a condiciones nuevas, tomando de esta forma importancia estratégica para el desarrollo de áreas marginales sujetas a procesos de desertificación.

El conocimiento de los mecanismos de aislamiento incipientes que puedan haber desarrollado estas nuevas formas permitiría su identificación, quedando definida la unidad genética básica para incorporarlas a un programa de mejoramiento, y a su vez podrían ser utilizados como herramienta para orientar su evolución posterior en el contexto de ese programa.

Debido a que es de interés conocer estos mecanismos, los tipos genéticos que se analizan buscan no ser neutrales, sino que precisamente estén ligados a cada uno de los componentes que integran el enjambre. Esto implica que es de esperar que no haya independencia entre los distintos tipos genéticos bajo análisis y su comportamiento en los tiempos e intensidades de la floración.

El género *Prosopis*, de flores hermafroditas y polinización entomófila, constituye en este aspecto un excepcional objeto de estudio y de aplicación para el uso en áreas marginales. De la simple observación de campo se puede comprobar que en sitios donde entran en contacto distintas especies afines de este género aparecen individuos de morfología intermedia. Su origen híbrido se ha podido comprobar en enjambres en el Chaco árido entre *Prosopis flexuosa* y *P. chilensis* (Verga, 1995). También en estudios similares en áreas de contacto entre *P. alba*, *P. nigra*, *P. chilensis* y *P. flexuosa* al norte de Córdoba, sur de Santiago del Estero y entre *P. alba* y *P. ruscifolia* en Santiago del Estero, existen evidencias de que se producirían cruzamientos interespecíficos con aparición de híbridos que prosperan principalmente en ambientes perturbados. En la Figura N° 1 se señala estos y otros sitios donde se ha podido observar este fenómeno entre distintas especies del género.

En los casos en que se ha realizado estudios, estos híbridos pueden ser clasificados morfológicamente y separados en grupos diferenciados de las especies puras. También se ha observado que los enjambre híbridos están asociados en general a ambientes perturbados de origen antrópico (bordes de ruta, campos desmontados y abandonados, áreas de riego, bosques secundarios a partir de incendios, etc.). La proliferación de individuos híbridos bajo estas condiciones hace pensar que éstos poseerían buena capacidad de adaptación. En áreas degradadas del Chaco árido se pueden observar individuos de origen híbrido de muy buen crecimiento y forma, destacándose en algunos casos, respecto de las especies puras.



A (TARTAGAL – SALVADOR MAZA): *Prosopis alba* – *P. sp*

B (IMPENETRABLE, CHACO): *P. alba* – *P. nigra*;

C (FORMOSA – LAGUNA BLANCA): *P. alba* – *P. hassleri*

D (Valles Calchaquíes): *P. alba* – *P. ferox*;

E (RÍOS DULCE Y SALADO, SANTIAGO DEL ESTERO) Y
G (DEPRESIÓN DE MAR CHIQUITA): *P. alba* – *P. ruscifolia*;

F (CORREDOR ENTRE SALINAS GRANDES Y
SIERRAS DE CÓRDOBA): *P. alba* – *P. nigra* – *P. chilensis*;

H (CERES, SANTA FE): *P. nigra* – *P. affinis*

I (PEDEMORTE SIERRAS DE POCHO): *P. chilensis* – *P. flexuosa*;

J (SUR DEL BOSQUE TELTECA, MENDOZA): *P. flexuosa*
– *P. alpacata*;

K (ÁREA INFLUENCIA RÍO DESAGUADERO, MENDOZA
- SAN LUIS) Y L (VALLE CONLARA): *P. flexuosa* – *P. caldenia*.

Figura N° 1

ENJAMBRES HÍBRIDOS DE *Prosopis* EN ARGENTINA. ALGUNAS ÁREAS DONDE APARECEN EN SIMPATRÍA ESPECIES AFINES DEL GÉNERO Y PROBABLES (EN ALGUNOS CASOS COMPROBADOS) HÍBRIDOS INTERESPECÍFICOS

La posibilidad de integrar a los individuos de origen híbrido en grupos morfológicos con base genética común y diferenciarlos netamente de las especies puras, significa que no todo el continuo de formas intermedias se encuentra representado en estos enjambres, sino que tendrían una serie

de características propias que permiten su diferenciación. Finalmente, otra característica de estos híbridos es su fertilidad normal, pudiendo producir semilla y propagarse sin inconvenientes.

Estas tres características: capacidad adaptativa, cierta identidad morfológica y genética y fertilidad normal, pueden tomarse como producto de un proceso microevolutivo que se generaría a partir de estos enjambres híbridos.

Por otro lado la generalización de este proceso en distintas áreas y entre distintas especies del género, lleva a pensar que ésta podría ser una estrategia adaptativa de todo el conjunto de especies. Esta capacidad le permitiría al conjunto acomodarse fácilmente a cambios ambientales y a la ocupación de nuevos nichos a partir de exponer a la selección una mayor diversidad, producto del intercambio genético entre distintas especies ya establecidas y que evolucionaron bajo distintas condiciones.

Para que exista identidad y estabilidad genética de un grupo de individuos, y que estos tengan la posibilidad de evolucionar adaptándose a nuevas condiciones ambientales (ocupación de nuevos nichos) es condición necesaria que exista cierto grado de aislamiento genético de algún tipo, entre este nuevo grupo y las especies parentales. De lo contrario, el intercambio irrestricto imposibilitaría cualquier nueva adaptación y una evolución independiente, por lo que el desarrollo de mecanismos de aislamiento aparece inmediatamente como un carácter con ventaja adaptativa para la nueva "entidad taxonómica".

El objeto de estudio para conocer estos procesos es el enjambre híbrido y dentro de él, particularmente el sistema de apareamiento imperante. Es allí donde se manifiesta y está activo este complejo de especies. El conocimiento sobre estos mecanismos arrojará luz sobre el funcionamiento de este conjunto de especies tomadas como un todo (singameón). De acuerdo con Grant (1971) estos complejos generan nuevas formas con características adaptativas nuevas y sin impedimentos biológicos para evolucionar, ya que los híbridos producen descendencia tan fértil como las especies parentales. Entre los factores que permitirían la aparición de los híbridos uno de los más importantes es el de la "hibridización" del hábitat, en muchos casos como producto de la intervención humana (Anderson, 1948; Grant 1971). Prueba de esto, es que el grupo de especies afines e interrelacionadas de *Prosopis* que se analiza, ha logrado adaptarse a ambientes tan disímiles como el desierto de los bolsones cordilleranos donde forma masas puras, y los palmares en la zona húmeda de Formosa donde es un integrante secundario.

Para el desarrollo de una metodología de estudio del sistema de apareamiento se tomó como caso particular un enjambre híbrido entre *P. flexuosa* y *P. chilensis* ubicado al pie de las sierras de Pocho en el Chaco árido argentino.

Estudios previos sobre *Prosopis chilensis* y *P. flexuosa* (Palacios y Bravo 1981; Saidman y Vilardi, 1987; Saidman 1990; Verga 1995, Vilela y Palacios 1998, Verga 2000) han arrojado luz sobre la variabilidad genética, la diferenciación intra e interpoblacional, como así también para la identificación de híbridos interespecíficos, que han permitido reconocer procesos de introgresión entre ambas especies y afianzar la hipótesis general de que estas especies forman parte de un singameón o complejo homogamético.

Se llevaron a cabo estudios genéticos mediante marcadores isoenzimáticos y de comportamiento de fenología floral. Respecto de este último, se desarrolló la metodología para obtener un modelo que permita describir y cuantificar el comportamiento de la floración del rodal y de sus árboles individuales.

En este caso en particular, de los distintos mecanismos de aislamiento entre especies afines deben quedar descartados la falta de fertilidad o adaptación de los híbridos y las diferencias en el momento de receptividad de la flor (no existiría desfase producto de la receptividad de la flor en distintos momentos del día). Por otra parte, si entran en consideración las diferencias en las tasas de apareamiento entre los distintos tipos en el enjambre, debida a una capacidad de competencia diferencial entre polen de distinto origen; preferencias por parte de los insectos; arreglo espacial de los tipos que integran el enjambre en el rodal; desfases en el periodo de floración y en general incompatibilidad (pre- o postcigótica) determinadas genéticamente.

OBJETIVO

Desarrollar un método de análisis del comportamiento de la floración de un rodal con especial aplicación al estudio del sistema de apareamiento en enjambres híbridos del género *Prosopis*.

MATERIAL Y MÉTODO

Desarrollo Del Modelo

El modelo del sistema de apareamiento propuesto a partir del análisis de la fenología floral se construye sobre los siguientes supuestos:

- Se aparean entre sí únicamente individuos que superponen temporalmente la fase de flor receptiva. Se excluyen todos los otros mecanismos posibles de aislamiento enunciados más arriba.
- La cantidad de polen, óvulos y semillas que una planta produce diariamente es directamente proporcional a la cantidad de flores receptivas que genera el día en cuestión.
- La cantidad de polen no es limitante y su composición es la misma en todo el rodal (no hay efecto por distancia entre plantas).
- La cantidad total de semilla producida por un árbol es la suma de la producción diaria.
- No hay migración de genes (la parcela se comporta como un sistema cerrado).
- La meiosis es regular.
- El conjunto de individuos es hermafrodita y diploide.

En el caso de conocerse la tasa de autofecundación ésta puede ser incorporada en el modelo.

Registro Fenológico

El rodal debe ser mapeado de tal forma de contar con la información de las distancias entre todos los árboles que lo componen. Cada árbol debe ser identificado y estimado el volumen de copa. A intervalos regulares se visita el rodal y se realizan observaciones individuales asignando

a cada árbol un índice de Intensidad de Floración (IF), independiente del volumen de copa, según una escala cualitativa de por lo menos cuatro clases para el estadio de flor receptiva.

También se debe estimar el periodo de floración de cada árbol individual, como el periodo de tiempo en el cual las plantas presentaron flor receptiva. Para ello es necesario precisar los momentos de inicio y fin de fase de flor abierta pero, dado que los registros fenológicos son observaciones puntuales realizadas sobre un proceso que es continuo, en muy pocos casos sino en ninguno, coincidirán con el momento preciso de inicio y fin de la fenofase. En consecuencia, éstos deben estimarse. Por ello se deben registrar los otros estadios florales, además de la presencia y abundancia de flor receptiva. Esta información, analizada en forma conjunta con la velocidad de cambio de cada fenofase, que surge de las observaciones del comportamiento de la floración a campo, permite proyectar y reproducir hacia adelante y hacia atrás en el tiempo, la ocurrencia de las distintas fenofases, pudiéndose así delimitar el periodo de floración exacto de cada planta.

Por otro lado se debe estimar la producción total de frutos de cada árbol en el rodal a través de una metodología similar a la utilizada para el registro de la floración. Se pueden determinar clases de abundancia de frutos independientes del tamaño de cada planta, para luego ponderar por este factor. Al igual que para la producción de flores individual, la información obtenida debe permitir evaluar el aporte porcentual de frutos de cada planta al total de frutos producidos por el rodal.

Estimación de la Función de Intensidad de Floración en el Tiempo, de un Árbol Individual

Para cuantificar el aporte de flores abiertas de cada árbol día por día (que representa en el modelo del sistema de apareamiento la cantidad de gametas de cada árbol que participan de los cruzamientos del rodal), es necesario hallar una función que lo describa. Sin embargo, dado que los registros fenológicos se realizan periódicamente y no en forma continua, el número de observaciones sobre cada individuo en particular no resulta suficiente para ajustar una función de floración por árbol.

La función que describe la intensidad de floración de cada árbol en el tiempo se puede obtener a partir del análisis conjunto de todos los registros fenológicos individuales en el rodal. Para poder realizar esta operación se estandariza entre 0 y 1 el periodo de floración individual de cada árbol. De esta forma se obtiene un conjunto de pares ordenados tiempo – intensidad de floración (t, IF) que permiten su ajuste a una función. Para facilitar este ajuste puede dividirse el tiempo total de floración a intervalos regulares. Para cada intervalo se calcula la media de los valores de IF correspondientes al conjunto de observaciones involucradas en ese intervalo, a fin de disminuir el ruido que genera el número distinto de puntos de IF a lo largo de todo el periodo de floración.

Una vez obtenida la función de ajuste de IF , se estandariza dividiendo cada valor diario de IF por el máximo de la función.

Cálculo del Aporte de Flores Receptivas de cada Árbol y de la Estructura Genética de la Nube de Polen para un Locus dado día por día en el Rodal

Ajustando los valores observados para un árbol individual según la función de IF

estandarizada, se puede obtener el valor absoluto de IF para cada día dentro de su periodo de floración. Este procedimiento implica el supuesto de que todos los árboles del rodal florecen respetando una misma función. Si se comprueba que el ajuste de los valores observados es bajo para algunos individuos o grupos de individuos, puede buscarse una función de IF para cada grupo, a partir de su análisis conjunto, siguiendo el procedimiento descrito para el rodal.

A fin de obtener un índice del aporte total de flores receptivas de cada árbol día por día (f) se debe multiplicar el IF por un factor que contemple el volumen de copa (VC):

$$f = IF \cdot VC$$

Donde IF es el valor del índice de floración absoluto de un árbol para un día en particular ajustado según la función hallada. VC es, para el caso de algarrobo, el volumen de copa estimado como una semiesfera, de radio igual a la mitad del diámetro de copa medido en metros.

Una vez calculado el índice de floración diario f para cada árbol día por día se pueden ordenar los datos en una tabla de análisis (Cuadro N° 1).

Cuadro N° 1
TABLA DE ANÁLISIS PARA EL ÍNDICE DE FLORACIÓN DIARIO

N° Árbol	Día					Total
	1	2	3	...	n	
1	f_{11}	f_{12}	f_{13}	...	f_{1n}	$\sum_{j=1}^n f_{1j}$
2	f_{21}	f_{22}	f_{23}	...	f_{2n}	$\sum_{j=1}^n f_{2j}$
3	f_{31}	f_{32}	f_{33}	...	f_{3n}	$\sum_{j=1}^n f_{3j}$
...						...
a	f_{a1}	f_{a2}	f_{a3}	...	f_{an}	$\sum_{j=1}^n f_{aj}$
Total	$\sum_{i=1}^a f_{i1}$	$\sum_{i=1}^a f_{i2}$	$\sum_{i=1}^a f_{i3}$...	$\sum_{i=1}^a f_{in}$	$\sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^n f_{ij}$

En el Cuadro N° 1, f_{ij} es el aporte de flores del árbol i el día j ; $i = 1, 2, 3, \dots, a$, donde a es igual al número de árboles considerado en el rodal y $j = 1, 2, 3, \dots, n$, donde $j = 1$ corresponde al primer día de floración del árbol más temprano y $j = n$ corresponde al último día de floración

del árbol más tardío.

$\sum_{i=1}^u f_i$, es el total de flores presentes en el rodal el día j , mientras que $\sum_{j=1}^n f_i$ calcula el total de flores aportadas al rodal por el árbol i . La doble sumatoria $\sum_{i=1}^u \sum_{j=1}^n f_i$ representa el total de flores producidas por el rodal en todo el periodo de floración.

Para calcular la estructura genética de la nube de polen diaria en el rodal, para el locus

l con $l = 1, 2, 3, \dots, m$ número de alelos, según el modelo, se define $A_i = \frac{f_i}{\sum_{i=1}^u f_i}$ como el

aporte relativo de flores del árbol i el día j , donde $\sum_{i=1}^u A_i = 1$ y $0 \leq A_i \leq 1$, y $p_i = \sum_{j=1}^n (A_i \cdot \delta_j)$ (1)

como la frecuencia relativa en la nube de polen del alelo l el día j , donde $\delta_j = 1$ si el árbol i es homocigota para el alelo l ; $\delta_j = 0.5$ si el árbol i es portador heterocigota para el alelo l y $\delta_j = 0$ si el árbol i no posee el alelo l .

Cálculo de la Composición Genotípica de la Descendencia para cada Árbol Individual y de un Conjunto de Árboles

Se define P_{rli} como la frecuencia del genotipo rl (diploide) para el locus L en la descendencia del árbol i el día j , donde r es el alelo materno, $r = r_1$ o $r = r_2$ y $r = 1, 2, 3 \dots m$, r_1 y r_2 son los dos alelos que constituyen el genotipo del árbol i para el locus L . m es el número total de alelos para el locus L y finalmente $l = 1, 2, 3 \dots m$ y representa el alelo aportado por la nube de polen (paterno).

$$B_i = \frac{f_i}{\sum_{i=1}^u f_i}$$

Por otro lado se define: B_i como la cantidad relativa de flores aportadas por el árbol i el día j respecto del total de flores producidas por el árbol i durante todo el periodo de floración del rodal. Donde $\sum_{i=1}^u B_i = 1$ y $0 \leq B_i \leq 1$. Considerando un coeficiente de autofecundación S y un coeficiente de fecundación cruzada de $1-S$, P_{rli} queda definido como:

$$P_{rli} = B_i \cdot S \cdot \delta_i + B_i \cdot (1-S) \cdot p_i \cdot \gamma_i$$

Donde $\delta_i = 1$ si $r_1 = r_2 = l$; $\delta_i = 0.25$ si $r_1 \neq r_2$ y $l = r_1$ o $l = r_2$; $\delta_i = 0$ si $l \neq r_1$ y $l \neq r_2$; $\gamma_i = 1$ si $r_1 = r_2$; $\gamma_i = 0.5$ si $r_1 \neq r_2$ y p_i es la frecuencia del alelo l en la nube de polen el día j . En caso de no conocerse S , $S = 0$, pasando éste a ser uno de los supuestos del modelo.

Al finalizar el periodo de floración, la frecuencia final del genotipo rl en la descendencia del árbol semillero i será:

$$P_{rli} = \sum_{j=1}^n P_{rli} \quad \text{y} \quad \sum_{r=1}^m \sum_{l=1}^m P_{rli} = 1, \quad 0 \leq P_{rli} \leq 1$$

Para calcular la frecuencia genotípica de un grupo de árboles del rodal o de todo el rodal, se debe tener en cuenta el aporte relativo de semilla de cada árbol respecto del total de semilla producido por el conjunto.

Siguiendo la metodología utilizada para cuantificar las flores receptivas en un árbol, se define un índice de fructificación IFr . Al igual que IF , este índice surge de una escala cualitativa, independiente del tamaño del árbol, que estima la cantidad de frutos producidos por un árbol en por lo menos cuatro clases. A cada clase se le asigna un valor de IFr . Finalmente se estima el volumen total de frutos producidos por un árbol (Fr) multiplicando IFr por un factor de volumen de copa ($Fr = IFr \cdot VC$).

Considerando un grupo de N árboles se puede calcular el aporte relativo de frutos (fr) del árbol i ($i = 1, 2, 3, \dots, N$) respecto al total de frutos aportado por el grupo mediante:

$$fr_i = \frac{Fr_i}{\sum_{i=1}^N Fr_i}$$

Obsérvese que $\sum_{i=1}^N fr_i = 1$ y $0 \leq fr_i \leq 1$. Finalmente, la frecuencia relativa del genotipo rl para un grupo de árboles en el rodal o para todo el rodal considerando la fructificación diferencial de los individuos que lo integran, queda definida como:

$$P_{rl} = \sum_{i=1}^N (P_{rl_i} \cdot fr_i) \quad (2)$$

Si no existen datos sobre el nivel de fructificación de los árboles del rodal se puede asumir que el número de frutos de cada individuo es proporcional al número total de flores producidas por el árbol. De esta forma la ecuación 2 se modifica:

$$P_{rl} = \sum_{i=1}^N (P_{rl_i} \cdot pf_i) \quad (3)$$

$$pf_i = \frac{\sum_{j=1}^n f_{ij}}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n f_{ij}}$$

Donde $\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n f_{ij}$, esto es la producción relativa de flores del árbol i respecto del total de flores producidas por el rodal.

Contraste con Resultados Empíricos Obtenidos Mediante Marcadores Moleculares

Al igual que para los otros modelos de sistema de apareamiento, una vez calculadas las frecuencias genotípicas esperadas, tanto para el rodal como para cada árbol en particular, éstas pueden contrastarse con el número de semillas por genotipo halladas empíricamente

por análisis de marcadores moleculares o bioquímicos, utilizando la prueba de χ^2 . Diferencias no significativas pueden tomarse como un fuerte indicio de que los supuestos se cumplen, es decir que para el árbol en cuestión, o para el rodal en su conjunto (según el caso), los apareamientos pueden explicarse por su genotipo, la composición genotípica del rodal y su comportamiento fenológico.

Cuando las diferencias entre observado y esperado son significativas indican con certeza que los supuestos del modelo no se cumplen. En este caso, de la comparación de las frecuencias genotípicas esperadas y observadas, pueden surgir hipótesis sobre qué mecanismos operan para que éstas surjan. Debido a que se tiene la información sobre la distribución espacial de los genotipos y de sus tiempos e intensidades de floración se puede observar primero en forma cualitativa, analizando cada árbol individualmente, si existe influencia del entorno inmediato sobre la constitución de la descendencia observada respecto de la esperada. En este caso puede orientarse la investigación posterior a este nuevo factor: la distribución espacial del polen de un individuo en particular.

Ante la ausencia de otros mecanismos, el factor distancia puede determinarse mediante la distribución de un alelo único en el rodal, a través del análisis de las descendencias de árboles ubicados a distintas distancias del árbol portador, o mediante análisis de paternidad (Benedixen, 2001; Fromm, 2001). Con esta información es posible determinar una curva de ajuste de frecuencias relativas de apareamientos en función de la distancia. En este modelo esta función (normalizada entre 0 y 1) puede ser incorporada al modelo en el cálculo de la nube de polen, la que será distinta para cada árbol en particular e igual a:

$$p_{hi} = \sum_{i=1}^a (A_{ij} \cdot f(d_i) \cdot \delta_i)$$

Esta es la ecuación (1) modificada, ponderando el aporte relativo de flores de cada árbol A_{ij} por el valor de frecuencia de apareamiento en función de la distancia $f(d)$. Obsérvese que se agrega el subíndice i a la frecuencia alélica debido a que cada árbol posee, en este caso, una nube de polen propia. Para el caso particular de $d_i = 0$, $f(d)$ será igual a S (coeficiente de autofecundación).

Cuando las diferencias significativas entre observado y esperado no pueden ser explicadas por los efectos de la distribución espacial de los genotipos, quedan en consideración las incompatibilidades genéticas, y en general los mecanismos de aislamiento determinados por factores genéticos, las posibles preferencias de insectos polinizadores (para el caso de especies entomófilas), diferencias en competencia entre polen de distintos orígenes, etc. que abren otras líneas de trabajo.

Aplicando la ecuación (2) se obtienen las frecuencias genotípicas de un grupo de individuos dentro del rodal o de todo el rodal. Este resultado esperado, según el modelo, también puede contrastarse con el observado para cada grupo o para el rodal según el caso. Debido a que el aporte en semilla al total de semillas del colectivo a analizar puede diferir y no distribuirse aleatoriamente respecto de los genotipos, se debería tener sumo cuidado en la toma de la muestra para obtener el dato empírico de frecuencias genotípicas.

El análisis de estos resultados comparados también con el esperado por equilibrio HW² puede aportar hipótesis para comprender el sistema de apareamiento imperante.

Aplicación Del Modelo. Análisis preliminar en un enjambre híbrido de *Prosopis spp*

Área de Estudio

El estudio se lleva a cabo en la Reserva Forestal Chancaní, Provincia de Córdoba, Argentina, ubicada en la región del Chaco Árido (Morello *et al*, 1985). El rodal es producto de treinta años de regeneración natural sobre un área abandonada, dedicada con anterioridad a agricultura bajo riego. Lo componen 92 árboles, entre los que se encuentran individuos pertenecientes a las especies puras de *Prosopis chilensis* y *Prosopis flexuosa* y otros de características morfológicas intermedia.

Caracterización Taxonómica de los Árboles del Rodal y Genética de las Descendencias

La clasificación de los árboles se llevó a cabo en base al análisis combinado de taxonomía numérica de caracteres morfológicos cualitativos y cuantitativos de hoja y fruto y de un marcador isoenzimático.

La caracterización genética se realizó mediante el análisis isoenzimático del locus ADH-A (enzima Alcoholdehidrogenasa) en 15 o más semillas provenientes de cruzamientos libres para cada árbol semillero, mediante separación electroforética sobre gel de almidón. Esta enzima es utilizada como marcador para facilitar la identificación de las especies puras de *P. chilensis*, que presenta el alelo 3 prácticamente fijado, *P. flexuosa* con una frecuencia del alelo 2 superior al 80% e híbridos interespecíficos de frecuencias intermedias para ambos alelos (Verga, 1995). El genotipo de los árboles semilleros se dedujo a partir de la composición genética de su descendencia mediante el método de Gillet (1997).

Registro Fenológico

Se realizaron las observaciones y los registros fenológicos siguiendo la metodología expuesta, durante un periodo de floración completo (2003-2004), cada una semana o más, dependiendo de la velocidad de cambio de las fenofases.

La abundancia de flores se relevó en base a cuatro clases (Cuadro N°2). Para caracterizarlas cuantitativamente, se asignó a cada una de ellas un valor estimado de la cantidad total de flores incluyendo todos los estadios florales, independientemente del volumen de la copa del árbol. Para ello, se seleccionaron árboles representativos de cada una de las categorías y se determinó, en cada caso, la cantidad de inflorescencias presentes en las ramas y el porcentaje de ramas florecidas.

² HW es la Ley del Equilibrio de Hardy-Weinberg. Establece que en una población con apareamiento al azar las frecuencias genotípicas de un locus individual se fijan en un valor de equilibrio (*Nota del editor*)

Por otro lado, las flores presentes en los árboles fueron clasificados en cuatro estadios florales o fenofases: pimpollo cerrado (*PC*), pimpollo con pistilo emergiendo (*PI*), flor completamente abierta (*A*) y flor vieja (*V*). Esta clasificación se realizó en base a la presentada por Genise *et al.* (1990) modificada. Luego, se asignó a cada fenofase presente en el árbol un valor porcentual, que representa su abundancia relativa en el árbol respecto del total de flores presentes, de tal forma que la suma $PC\% + PI\% + A\% + V\% = 100\%$.

Cuadro N° 2

CATEGORÍAS DE FLORACIÓN, QUE REPRESENTAN DISTINTOS NIVELES DE ABUNDANCIA DE AUMENTOS ESPICIFORMES, ESTABLECIDAS ESPECÍFICAMENTE PARA EL RODAL EN ESTUDIO Y UTILIZADAS EN EL REGISTRO FENOLÓGICO DE LOS ÁRBOLES INDIVIDUALES.

Categoría	Ramas con flores	Número de inflorescencias por rama
1	Hasta el 30%	1 a 5
2	Del 31 al 50%	5 a 10
3	Del 51% al 80%	5 a 10
4	Más del 80%	Más de 10

Para ponderar la intensidad de floración que representa cada categoría se asignó a cada una de ellas un valor de índice de floración total (*IFT*) que involucra todas las fenofases. Correspondiendo para la categoría 1 un valor de $IFT = 1$; categoría 2, $IFT = 2$; categoría 3, $IFT = 4$; categoría 4, $IFT = 8$. De esta manera queda ponderada la cantidad total de flores en la planta. Finalmente se calculó el índice de flor receptiva (para aplicar al modelo):

$$IF = \frac{IFT \cdot A\%}{100}$$

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Descripción de la Floración (fase flor receptiva) en el Rodal

Siguiendo la metodología se halló la función que describe la intensidad de floración en el tiempo $f(t)$. A partir de esta función se calculó cada una de las curvas de floración individuales. La función polinómica de tercer grado:

$$f = 8.86 \cdot t^3 - 15.36 \cdot t^2 + 6.78 \cdot t - 0.08$$

ajusta con un $r^2 = 0.87$. Este ajuste corresponde hasta el tiempo $t = 0.8$. A partir de allí existen dos grupos de árboles que se comportan de distinta forma. En uno de ellos se puede observar un muy pequeño segundo pulso de floración que obligaría a la determinación de funciones específicas para cada uno de ellos. A los fines de esta presentación, a modo de ejemplo, se ajustó este último tramo (desde $t = 0.8$, hasta $t = 1.0$) mediante una función cuadrática que representa una solución de compromiso entre el comportamiento de ambos grupos

En la Figura N° 2 se puede observar el resultado de la superposición de las curvas de floración de cada uno de los 92 árboles que integran el rodal. Existen desfases importantes

tanto en tiempo como en volumen de flores aportado por cada uno.

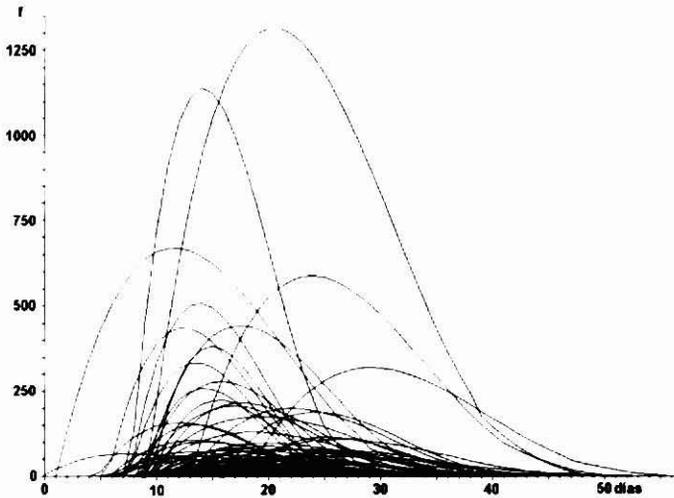


Figura N° 2

ÍNDICE DE FLORACIÓN (F) EN FUNCIÓN DEL TIEMPO (DÍAS) DONDE PUEDE OBSERVARSE EL PERÍODO DE FLORACIÓN (FASE FLOR RECEPTIVA) Y LA CANTIDAD TOTAL DE FLORES APORTADAS POR CADA UNO DE LOS ÁRBOLES DEL RODAL DÍA POR DÍA.

Cálculo de las Frecuencias Genotípicas Esperadas en la Descendencia según el Análisis Fenológico y la Constitución Genotípica de los Árboles Semilleros para el Locus ADH-A

Siguiendo con la aplicación del método expuesto se calculó la evolución de las frecuencias alélicas del locus ADH-A en la nube de polen en el rodal durante todo el período de floración (Figura N° 3).

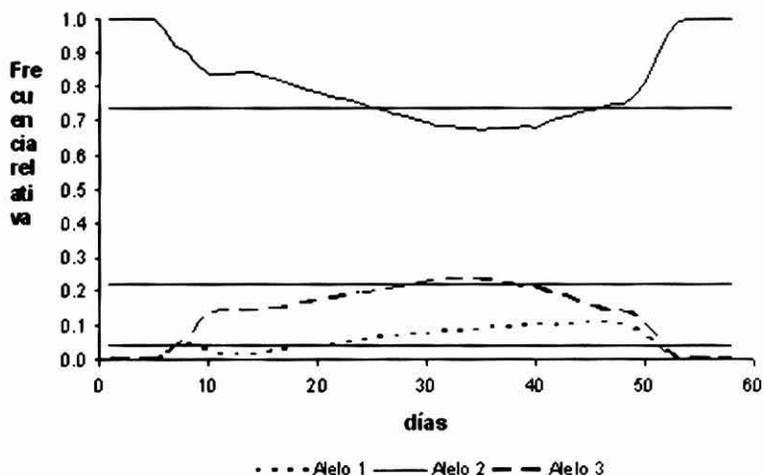


Figura N° 3

EVOLUCIÓN DIARIA DE LAS FRECUENCIAS ALÉLICAS PARA EL LOCUS ADH-A EN LA NUBE DE POLEN, SURGIDA DEL ANÁLISIS DE LA CONSTITUCIÓN GENOTÍPICA DE LOS ÁRBOLES SEMILLEROS Y EL DESARROLLO DE LA FLORACIÓN EN EL RODAL DURANTE TODO EL PERÍODO DE FLORACIÓN. EN LÍNEA RECTA PUNTEADA LA NUBE DE POLEN ESTIMADA BAJO EQUILIBRIO HW PARA CADA ALELO.

La importante variación en la composición alélica de la nube de polen a través del período de floración del rodal, demuestra que las diferencias en cuanto a período e intensidad de floración entre los árboles que constituyen el rodal, observada en la Figura N° 2, no se distribuye al azar entre los genotipos. Una distribución al azar respecto de los genotipos de los árboles semilleros, debería tender a una composición uniforme de la nube de polen en el tiempo y equivalente a la estructura alélica del rodal (en el gráfico como líneas rectas punteadas), por lo que puede deducirse una relación entre los genotipos y el modo de floración (período e intensidad).

Obsérvese que además de la variación, las frecuencias alélicas en la nube de polen calculadas bajo el supuesto de apareamientos totalmente al azar se apartan de la media esperada según el cálculo que involucra el comportamiento fenológico del rodal. Esto es especialmente notorio para el alelo 3 donde este valor está muy por encima de la media esperada según el modelo. Esto es consecuencia de que el volumen medio de flores producido por los individuos portadores del alelo 3 es inferior al resto. A la inversa ocurre con los portadores del alelo 2 y en menor medida del alelo 1. La media del índice de floración f para *P. chilensis* (con preponderancia del alelo 3) es de 580, mientras que para *P. flexuosa* (principales portadores de los alelos 2 y 1) es de 1695 en este rodal. Por otro parte el grupo híbrido (con frecuencias intermedias para los alelos 2 y 3) resultó el de mayor producción de flores $f = 3302$. Estas diferencias notables, junto a las diferencias en los tiempos de floración, asociadas a los tipos genéticos estudiados, determinan una estimación distinta según el

modelo respecto del que puede hallarse considerando que todos los individuos tienen la misma probabilidad de aparearse.

A partir de la estructura genética diaria de la nube de polen calculada y de los aportes relativos diarios de flores receptoras de cada árbol, siguiendo los procedimientos del modelo, se calculó la estructura genotípica de la descendencia del rodal. En el cálculo se consideraron coeficientes de autofecundación determinados por Mottura para cada uno de los tres grupos que conforman este rodal (comunicación personal). En el Cuadro N° 3 se presenta este resultado junto a las estructuras genotípicas para el locus ADH-A de los árboles semilleros y la calculada según el equilibrio HW correspondiente. Debido a que aún no se cuenta con el procesamiento de la información sobre la fructificación del rodal, los cálculos de frecuencias genotípicas según el modelo no incluyen este factor, sino que se realizó considerando la producción diferencial de flores (ecuación 3).

Como se puede observar en el Cuadro N° 3 las estimaciones por el modelo y bajo equilibrio HW difieren principalmente para los genotipos 22 y 23, lo que implica que el comportamiento de la floración en el rodal tiene un efecto significativo sobre la composición genética de la descendencia para aquellos alelos que están ligados a numerosas características que diferencian especies puras de híbridos. Si se calcula el coeficiente de endogamia comparando la descendencia esperada por el modelo contra la esperada por apareamientos totalmente al azar se encuentra $F = 0.23$, indicando que el comportamiento de la floración en el rodal actuaría aumentando la probabilidad de apareamientos entre genotipos iguales. Considerando que estos genotipos están asociados a los grupos taxonómicos en estudio, esto indica un principio de aislamiento entre ellos debido a su comportamiento diferencial en la fenología floral.

Cuadro N° 3
FRECUENCIAS GENOTÍPICAS DEL LOCUS ADH-A OBSERVADAS EN LOS ÁRBOLES SEMILLEROS Y ESTIMADAS PARA LA DESCENDENCIA DEL RODAL, TOMADO EN CONJUNTO, CALCULADAS SEGÚN EL MODELO Y SEGÚN LOS SUPUESTOS BAJO EQUILIBRIO HW. EN LA ÚLTIMA COLUMNA SE INDICA EL VALOR F DE ENDOGAMIA CORRESPONDIENTE A LA ESTRUCTURA GENOTÍPICA SEGÚN EL MODELO COMPARADA CON LA ESPERADA SEGÚN EQUILIBRIO HW.

	Genotipos						F
	11	12	13	22	23	33	
Árboles semilleros	0.00	0.03	0.04	0.61	0.19	0.12	
Esperado según modelo	0.01	0.05	0.02	0.64	0.23	0.05	0.23
Esperado en equilibrio HW	0.00	0.06	0.02	0.55	0.32	0.05	

El contraste posterior, contra frecuencias observadas tanto a nivel de rodal como a nivel individual, podrán dejar de lado el factor floración para individualizar otros posibles mecanismos de aislamiento que estén operando en el rodal entre los grupos que lo integran.

CONCLUSIONES

Cuando se trata de analizar el sistema de apareamiento para conocer el comportamiento de grupos genéticos que interactúan en un enjambre híbrido es necesario analizar la evolución de marcadores asociados a los grupos en cuestión. Debido a esta asociación es de esperar que el comportamiento de los portadores de estos marcadores sea distinto respecto de la fenología floral. El modelo propuesto, que considera este factor, ayuda a un análisis más detallado de los otros mecanismos involucrados en el sistema de apareamiento, en comparación con los modelos utilizados tradicionalmente, que presentan entre sus supuestos apareamientos al azar para cada individuo del colectivo.

En el ejemplo expuesto se pudo comprobar que la fenología floral tiene realmente un efecto importante que modifica las frecuencias genotípicas esperadas, y además en un sentido que afirma la hipótesis, de que en estos enjambres híbridos existen incipientes mecanismos de aislamiento entre los grupos genéticos que lo componen.

REFERENCIAS

- Anderson, E. 1948.** Hybridization of the habitat. *Evolution* 2: 1-9.
- Benedixen, K. 2001.** Zum Reproduktionssystem des Feldahorns (*Acer campestre* L.) – Blühphänologie und genetische Untersuchungen -. Dissertation. Institut für Forstgenetik und Forstpflanzenzüchtung der Universität Göttingen. 152pp
- Genise, J.; Palacios, R.; Hoc, P.; Carrizo, R.; Moffat, L.; Mom, M.; Agullo, M.; Picca, P y Torregrosa, S. 1990.** Observaciones sobre la biología floral de *Prosopis* (*Leguminosae*, *Mimosoideae*). II. Fases florales y visitantes en el distrito Chaqueño Serrano. *Darwiniana* 30 :71-85.
- Fromm, M. 2001.** Reproduktion enier entomophilen Baumart in geringer Populationsdichte – Das Beispiel de Winterlinde (*Tilia cordata* Mill.) -. Dissertation. Institut für Forstgenetik und Forstpflanzenzüchtung der Universität Göttingen. 236pp.
- Gillet, E. M. 1997.** Estimators for the genetic contributions to single –plant progenies. *Biometrics* 53, 214-233.
- Grant V. 1971.** Plant Spetiation. Columbia University Press, New York and London. 303 p.
- Marshall, T.; Slate, J.; Kruuk, L. and Pemberton, J. 1998.** Statistical confidence for likelihood-based paternity inference in natural populations. *Molecular Ecology* 7:639-655.
- Morillo, J.; Protomastro, J.; Sancholuz, L y Blanco, C. 1985.** Estudio macroecológico de los Llanos de La Rioja. Serie del cincuentenario de la Administración de Parque nacionales 5:1-53.
- Palacios, A. y Bravo, L. 1981.** Hibridación natural en *Prosopis* (*Leguminosae*) en la región chaqueña argentina. Evidencias morfológicas y cromatográficas. *Darwiniana* 23:3-35.
- Ritland, K. 2002.** Extensions of models for the estimation of mating systems using *n* independent loci. *Heredity* 88:221-228.
- Saidman, B. 1990.** Isoenzyme studies on hybrid swarms of *Prosopis caldenia* and sympatric species. *Genetics*. 39:5-8.
- Saidman, B and Vilardi, J. 1987.** Analysis of the genetic similarities among seven species of *Prosopis*. *Theor. Appl. Genet.* 75:109-1116.

Verga, A. 1995. Estudios genéticos en *Prosopis chilensis* y *Prosopis flexuosa* (*Mimosaceae*) en el Chaco árido argentino. Göttingen Research Notes in Forest Genetics. Göttinger Forstgenetische Berichte 19. 79 Pp.

Verga, A. 2000. Clave numérica para la identificación de híbridos entre *Prosopis chilensis* y *P. flexuosa* en el Chaco árido. Reunión Nacional del Algarrobo. Mendoza, 14 al 17 de noviembre de 2000

Vilela, A. y Palacios, R. 1998. Nueva clave para la identificación de especies sudamericanas del género *Prosopis* (*Mimosaceae*). *Arnaldoa* 5: 57-66.



ESCARIFICACIÓN QUÍMICA CON ÁCIDO SULFÚRICO COMO TRATAMIENTO PREGERMINATIVO PARA SEMILLAS DE TOROMIRO

(*Sophora toromiro* Skotts.)

Marta González¹; Iván Quiroz¹; Edison García¹ y Braulio Gutiérrez¹

RESUMEN

El toromiro (*Sophora toromiro* Skottsberg), es una especie endémica de Isla de Pascua, extinta desde los años 60. Aún así, todavía existe disponibilidad de semillas proveniente de algunos escasos ejemplares cultivados en domicilios particulares y jardines botánicos, lo que sugiere la necesidad de hacer germinar semillas y producir plantas para intentar reintroducir a la especie en su lugar de origen. En este sentido, el Centro Tecnológico de la Planta Forestal (Centro de Investigación de INFOR), tiene dentro de sus objetivos generar información sobre propagación y manejo para especies nativas con algún grado de vulnerabilidad ecológica, marco en el cual se ha realizado diversos ensayos de germinación de semillas de toromiro, habiéndose obtenido resultados preliminares de interés.

El presente artículo entrega los resultados obtenidos por el Centro Tecnológico de la Planta Forestal en ensayos de germinación de semillas de toromiro remojadas en ácido sulfúrico por 15, 30 y 45 minutos. Al momento de efectuar la evaluación, los resultados indican que la especie comienza a germinar tempranamente y no se registran diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos; no obstante, los mayores valores de germinación se logran con el remojo en ácido sulfúrico por 30 minutos. Es importante proseguir con los estudios en vivero en aspectos como sustrato, a objeto de reducir pérdidas por contaminación de hongos durante la germinación, situación que se observó durante el presente estudio, y fundamentalmente en aspectos relacionados con el establecimiento de plantas que, de acuerdo con los estudios publicados, es un factor preponderante al momento de reintroducirlas en Isla de Pascua.

Palabras claves: *Sophora toromiro*, semillas, germinación, Isla de Pascua.

¹ Instituto Forestal, Sede Bio Bio, Chile. mgonzale@infor.cl; iquiroz@infor.cl; egarcia@infor.cl; bgutierr@infor.cl

CHEMICAL ESCARIFICATION WITH SULPHURIC ACID AS PREGERMINATIVE TREATMENT FOR TOROMIRO (*Sophora toromiro* Skotts.) SEEDS

SUMMARY

Toromiro (*Sophora toromiro* Skottsberg), is an endemic species of Easter Island, extinguished since the 60s. Even so, there is availability of seeds from some few individuals growing in particular addresses and botanical gardens, which suggests the necessity to make germinate seeds and produce plants to try to reintroduce the species in its original distribution. In this sense, the Forest Plant Technological Center (Research Center under INFOR), has within its objectives to generate information about propagation and management of Chilean native species in ecological vulnerability. In this frame, several germination test for Toromiro seeds have been done, and some interesting preliminary results have been obtained.

This paper shows the results from germination test of toromiro seeds soaked in sulphuric acid by 15, 30 and 45 minutes. The results indicate an early germination and none statistically significant differences between treatments, however the highest germination values are achieved with 30 minutes soaking. It is important to pursue new studies at nursery level in order to reduce losses by fungal contamination during germination, situation that was observed during this study. New studies are needed in topics related to the establishment of plants too, because according published papers that is a key factor for a successful reintroducing in the Easter Island.

Keywords: *Sophora toromiro*, seeds, germination, Easter Island.

INTRODUCCIÓN

El toromiro (*Sophora toromiro* Skottsberg) es una especie arbórea endémica de la Isla de Pascua, actualmente extinta en su distribución natural. De acuerdo con Bordeau (1992) la primera referencia al toromiro fue hecha por Foster en 1774, posteriormente exploradores y naturalistas siguieron haciendo referencia a esta especie; James Cook en su segundo viaje alrededor del mundo señala que en los cerros de la Isla de Pascua crecía una "mimosa" de 2,7 a 3 m de altura y que algunas plantas tenían troncos de 20 a 30 cm de diámetro; Thomson, en 1889, observó rodales de esta especie en diferentes lugares de la Isla; En 1911 se describe al toromiro como un arbusto muy escaso, encontrándose individuos solo en el cráter del volcán Rano Kau; en 1917, el botánico sueco Carl Skottsberg tomo muestras del único individuo que logran ubicar. Esta observación también la realizan Drapkin en 1934 y Volosky en 1953; en 1955 – 56 Thor Heyerdahl colectó semillas de esta última planta, ya muy mutilada, y las llevó a Europa. El último individuo de *S. toromiro* se extinguió en 1960, y en la actualidad la especie solo se conserva en los Jardines Botánicos, y en casa de algunos particulares (Bordeau, 1992).

El toromiro pertenece a la Familia *Papilionaceae*, corresponde a un árbol pequeño, de hasta dos metros de alto. Tronco tortuoso, de 10 a 15 cm de diámetro, ramificado desde cerca de la base. Posee ramas cortas y tortuosas. Sus hojas son perennes, compuestas y con foliolos aovados. Las flores son hermafroditas, generalmente solitarias sobre pedúnculos pubescentes. El fruto corresponde a una legumbre indehiscente, en cuyo interior se encuentran las semillas de color amarillo, forma ovoide a globosa y cubierta dura (Figura N° 1).



Figura N° 1
SEMILLAS DE TOROMIRO

Como muchas leguminosas, las semillas de toromiro presentan germinación irregular que obedece a una latencia exógena asociada a la impermeabilidad de sus cubiertas seminales. Por lo mismo, en este artículo se evalúa el efecto de distintos tiempos de remojo de las semillas en ácido sulfúrico, como tratamiento pregerminativo de escarificación química destinado a eliminar la latencia de cubierta y homogenizar su germinación.

MATERIAL Y MÉTODO

Se separaron tres lotes de semillas de toromiro, las que fueron remojadas en ácido sulfúrico al 90% por 15, 30 y 45 minutos. Posteriormente las semillas fueron lavadas y sembradas en contenedores (bandejas), con turba y perlita esterilizada como sustrato, el cual fue hidratado con agua destilada. Posteriormente, las bandejas fueron ubicadas en cámara de germinación. Cada tratamiento, correspondiente a los distintos tiempos de remojo en ácido, fue representado por tres repeticiones de 15 semillas cada una (Figura N° 2). El detalle e identificación de los tratamientos es el siguiente:

T1: Remojo por 15 minutos en ácido sulfúrico al 90%.

T2: Remojo por 30 minutos en ácido sulfúrico al 90%.

T3: Remojo por 45 minutos en ácido sulfúrico al 90%.



Figura N° 2

BANDEJAS SEMBRADAS CON SEMILLAS DE TOROMIRO SOMETIDAS A DISTINTO TIEMPO DE REMOJO EN ÁCIDO SULFÚRICO

Las bandejas sembradas fueron tratadas con aspersiones semanales de una solución fungicida compuesta por una mezcla en igual proporción de Benlate y Captan a razón de 0,5 g/l. La escasez de semillas y la necesidad de tener datos que representen de alguna forma el comportamiento en vivero sugirió que los ensayos de germinación se efectuaran de forma

distinta a lo establecido por las normas estandarizadas de la ISTA (International Seed Testing Association).

Los parámetros evaluados fueron la energía germinativa (EG), el periodo de energía (PE) y la capacidad de germinación (CG). La energía germinativa corresponde al porcentaje de germinación acumulado diario, obtenido al momento en que la tasa de germinación alcanza su valor máximo. La cantidad de días requeridos para alcanzar este máximo es el parámetro denominado periodo de energía. Por su parte, la capacidad de germinación es el valor en porcentaje del total de semillas germinadas en un ensayo, más aquellas no germinadas pero que se encuentran sanas al final de la prueba (Folliott y Thames, 1983; FAO, 1991).

ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Para evaluar estadísticamente los datos (EG, PE y CG) se utilizó el software Infostat, con el cual se realizó un análisis de varianza y la prueba de Tuckey para las comparaciones múltiple de medias por tratamiento.

El modelo utilizado fue:

$$Y = \mu + T + R + E$$

Donde:

μ = Promedio

T = Efecto del tratamiento (Distintos tiempos de remojo con ácido sulfúrico)

R = Efecto de la repetición (Bandeja)

E = Residuo o error no explicado por las fuentes anteriores

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El cuadro N° 1 muestra la germinación acumulada por fecha de toma de datos y total de semillas germinadas, por tratamiento.

Cuadro N° 1
GERMINACIÓN DE SEMILLAS DE TOROMIRO

Tratamiento	Repetición	Fecha de toma de datos (día/mes)									% acumulado de germinación por tratamiento
		27-feb	28-feb	03-mar	04-mar	05-mar	06-mar	07-mar	10-mar	11-mar	
15 min. ácido sulfúrico	1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.2	8.9	8.9	8.9	24.4
	2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.2	4.4	8.9	8.9	
	3	0.0	0.0	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	4.4	6.7	

30 min. ácido sulfúrico	1	0,0	0,0	0,0	2,2	4,4	4,4	4,4	8,9	11,1	40,0
	2	2,2	2,2	4,4	4,4	4,4	6,7	8,9	15,6	15,6	
	3	0,0	2,2	4,4	4,4	4,4	4,4	11,1	13,3	13,3	
45 min. ácido sulfúrico	1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,2	2,2	4,4	31,1
	2	0,0	0,0	6,7	6,7	6,7	6,7	6,7	15,6	15,6	
	3	2,2	2,2	6,7	6,7	6,7	6,7	6,7	11,1	11,1	
Porcentaje acumulado de semillas germinadas		1,5	2,2	8,1	8,9	9,6	11,9	18,5	29,6	31,9	31,9

Las primeras semillas germinaron a los siete días de iniciado el ensayo (Figura N° 3). El mayor número de semillas germinadas corresponde al tratamiento 2, no obstante los tres tratamientos presentaron un bajo número de semillas germinadas al momento de la evaluación (Figura N° 4).



Figura N° 3
GERMINACIÓN DE SEMILLAS DE TOROMIRO

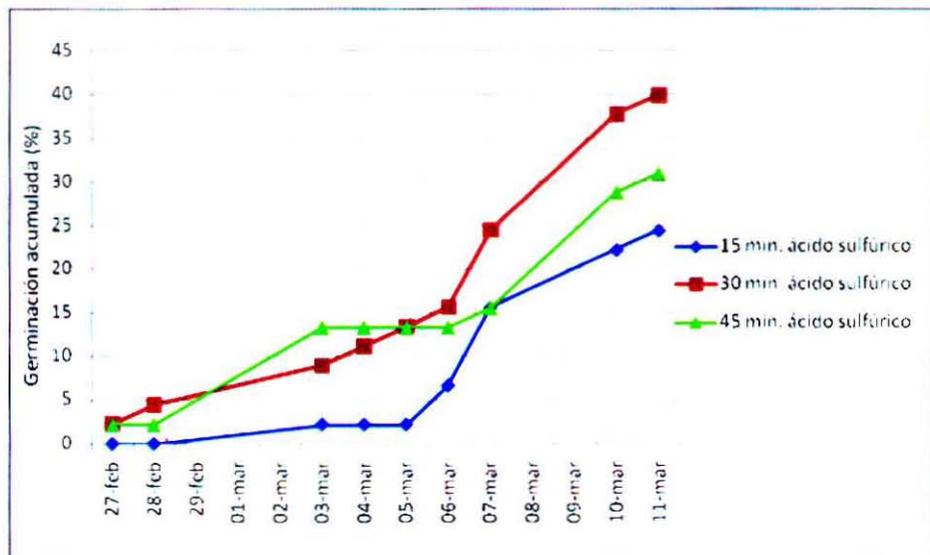


Figura N° 4

CURVAS DE GERMINACIÓN DE SEMILLA DE TOROMIRO SEGÚN TRATAMIENTOS

El análisis estadístico de los resultados indica que no existen diferencias estadísticas significativas atribuibles al efecto de los tratamientos pre-germinativos aplicados (Cuadro N° 2). Aún así, el tratamiento T2 presentó los valores medios más altos para los parámetros de energía germinativa y capacidad germinativa.

Cuadro N° 2

PERIODO DE ENERGÍA, ENERGÍA GERMINATIVA Y CAPACIDAD DE GERMINACIÓN DE SEMILLAS DE TOROMIRO REMOJADAS EN ÁCIDO SULFÚRICO.

Parámetro	Tratamiento (tiempo de remojo en ácido sulfúrico)		
	T1 (15 minutos)	T2 (30 minutos)	T3 (45 minutos)
Periodo de energía (días)	18,7 a	20,3 a	20,7 a
Energía germinativa (%)	24,7 a	40,0 a	31,0 a
Capacidad de germinación (%)	24,7 a	40,0 a	31,0 a

Letras distintas indican diferencias estadísticamente significativas.

Se observa en estos resultados que, en cada tratamiento, los valores para energía germinativa y capacidad germinativa son los mismos, situación que pudiera explicarse a que el máximo de germinación se logró al momento de evaluación.

CONCLUSIONES

Las semillas de toromiro puestas a germinar en un sustrato conformado por turba y vermiculita, en cámara de germinación, con tres tratamientos pre-germinativos diferentes, correspondientes a remojos por 15, 30 y 45 minutos en ácido sulfúrico, comienzan a germinar alrededor de los 7 días de iniciado el ensayo.

De acuerdo a los indicadores estadísticos no se evidencian diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos.

La germinación máxima se logra entre los 20 y 30 días después de la siembra.

Se recomienda, repetir los ensayos de germinación, ampliando el número de tratamientos (tiempos de remojo) buscando una mejor respuesta germinativa. También es de interés efectuar los ensayos bajo normas estandarizadas (ISTA) y complementarlos con un análisis físico de la semilla.

Un 20% de las semillas presentó contaminación por hongos, debido principalmente a la alta humedad registrada en el sustrato. Al repetir los ensayos en placas petri con papel filtro esta situación debiera disminuirse.

AGRADECIMIENTOS

El Instituto Forestal, y en particular el equipo de trabajo del Centro Tecnológico de la Planta Forestal (CTPF), agradecen la donación de semillas realizada por Don Guillermo Arancibia, la que permitió realizar las pruebas de germinación presentadas.

REFERENCIAS

- Bordeau, A. 1992.** ¿Vuelve el Toromiro a Isla de Pascua? Revista Ambiente y Desarrollo. 8(4): 63-66.
- FAO. 1991.** Guía para la manipulación de semillas forestales. Estudio FAO Montes 20/2. Roma, Italia. 510 p.
- Folliott, P. y Thames, J. 1983.** Recolección, manipuleo, almacenaje y pre-tratamiento de las semillas de *Prosopis* en América Latina. 50p.

SELECCIÓN, MULTIPLICACIÓN Y EVALUACIÓN INICIAL DE CLONES DE *Eucalyptus camaldulensis* PARA LAS ZONAS ÁRIDAS Y SEMIÁRIDAS DE CHILE

Braulio Gutiérrez C.¹ y María Paz Molina B.¹

RESUMEN

Las zonas áridas y semiáridas de la zona central del país se caracterizan por condiciones climáticas adversas que limitan el desarrollo productivo del sector silvoagropecuario. Diversos esfuerzos han sido efectuados para desarrollar alternativas productivas compatibles con tal limitación, identificándose entre ellos al cultivo de especies forestales resistentes a la sequía.

Entre tales especies, *Eucalyptus camaldulensis* ha demostrado una gran adaptación a condiciones de sequía, constituyendo en la actualidad una de las alternativas más conocidas para establecer cultivos forestales en estas zonas.

Al respecto, la gran extensión de la distribución natural de esta especie en su lugar de origen, le confiere una considerable variabilidad intraespecífica en distintos caracteres de interés, entre ellos la tolerancia a la sequía. Esta variabilidad sumada a la experiencia empírica obtenida en el establecimiento, manejo y evaluación de ensayos de *E. camaldulensis* en zonas áridas y semiáridas, permite reconocer la existencia de individuos con una tolerancia a condiciones de estrés hídrico superior al promedio, los cuales son capaces de exhibir interesantes tasas de crecimiento, aún bajo condiciones deficitarias de aporte hídrico.

Reconociendo los enunciados anteriores, en el presente artículo se entrega los principales resultados de un proyecto de investigación destinado a la masificación clonal de individuos de *E. camaldulensis* seleccionados en función de su crecimiento y resistencia a sequía. Se describe los aspectos relacionados con la selección de genotipos de interés, la multiplicación de los mismos mediante técnicas de cultivo *in vitro* y enraizamiento de estacas, la producción de plantas, el establecimiento de ensayos clonales y la evaluación inicial de los mismos.

Se evalúa el desempeño inicial de los clones en terreno y se discute las perspectivas y aplicaciones futuras de la propagación vegetativa y silvicultura clonal de *E. camaldulensis*.

Se concluye que la combinación de tecnologías de propagación asexual, particularmente organogénesis somática y enraizamiento de estacas, resulta apropiada para multiplicar individuos adultos de *E. camaldulensis* y que el desempeño inicial exhibido en terreno por clones selectos en función de su tolerancia a sequía, ofrece interesantes perspectivas para desarrollar cultivos forestales en las zonas semiáridas del país

Palabras claves: *Eucalyptus camaldulensis*, clonación, resistencia a sequía

¹ Instituto Forestal. Sede Bio Bio. Chile. bgutierr@infor.cl, mmolina@infor.cl

***Eucalyptus camaldulensis* CLONES SELECTION, DEPLOYMENT AND EARLY EVALUATION FOR ARID AND SEMIARID ZONES**

SUMMARY

The arid and semi-arid zones in central Chile, are characterized by adverse climatic conditions, which limit the productive development of agricultural and silvicultural activities. Several efforts have been done to develop productive alternatives compatible with such limitation, identifying among them the culture of drought tolerant forest species.

Among such species, *Eucalyptus camaldulensis* has shown a great adaptation to drought conditions. At the present time, it is one of the best known alternatives to establish forest cultures in the semiarid regions. On the matter, the great extension of the natural distribution of *E. camaldulensis* in its original natural distribution confers it a considerable intraspecific variability in several interesting traits, including the drought tolerance. This variability, added to the empirical experience obtained in the establishment, management and evaluation of *E. camaldulensis* field trials, allows recognizing the existence of individual trees with a superior tolerance to water stress condition, which is able to exhibit interesting growth rates, still under detrimental water supplies conditions.

Recognizing the previous statements, the present article shows the main results of a research project aimed to the clonal spread of *E. camaldulensis* individuals, selected by their growth and drought resistance. Topics related with genotype selection, their multiplication through *in vitro* culture and rooting cuttings techniques, plant production, establishment of clonal trials and their initial evaluation are described.

The early field performance of the clones is analyzed. The perspectives and future uses of the vegetative propagation and *E. camaldulensis* clonal silviculture are discussed. It is concluded that the mix of vegetative propagation technologies, particularly somatic organogenesis and rooting cutting, are suitable to multiply *E. camaldulensis* adult trees. Furthermore, the early field performance exhibited by clones selected according to their drought tolerance, offers interesting perspective to develop cultures in the semi-arid zones of the country.

Key words: *Eucalyptus camaldulensis*, cloning, drought tolerance

INTRODUCCIÓN

Las zonas áridas y semiáridas de la parte central de Chile, se caracterizan por condiciones climáticas especialmente adversas que limitan el desarrollo productivo del sector silvoagropecuario. Aún así, existen alternativas productivas compatibles con tales limitaciones, pero que requieren de cierto desarrollo tecnológico antes de que puedan ser difundidas y adoptadas por el sector productivo.

Al respecto, existe concordancia en que la diversificación forestal con especies del género *Eucalyptus*, tales como *E. camaldulensis* y *E. cladocalyx*, representa una alternativa efectiva y viable, con especies que demuestran una adecuada adaptación a condiciones de aridez, característica favorable de crecimiento y generación temprana de retornos económicos (8 a 12 años). A su vez, el cultivo de tales especies brinda interesantes oportunidades de comercialización y autoabastecimiento de madera a las comunidades agrícolas, sociedades agrícolas, productores vitivinícolas y frutícolas, permitiéndoles ampliar su base productiva, en particular en los períodos con escasa demanda de sus productos, o bien autoabastecerse de insumos como son las maderas redondas (polines, estacas, tirantes, postes, etc.).

En atención a estas consideraciones, el Instituto Forestal desarrolló el Proyecto FIA – BID: Masificación Clonal de Genotipos Forestales de Interés Comercial para la Zona Árida y Semi Árida del País, el cual fue ejecutado entre los años 2001 y 2005 en conjunto con las instituciones asociadas: Vivero Forestal Cavilolén, Sociedad Agrícola y Ganadera El Tangué, Comunidad Agrícola de Cuz Cuz y CONAF Coquimbo.

El objetivo de tal iniciativa fue aumentar la productividad de las plantaciones de *Eucalyptus camaldulensis* que se establezcan en las zonas semiáridas del país, aspecto que metodológicamente se abordó mediante la combinación de elementos de mejoramiento genético y biotecnologías de propagación. En efecto, como primera medida, el proyecto seleccionó en sitios con acentuadas condiciones de aridez a individuos de *E. camaldulensis* que exhibían características productivas superiores en términos de volumen y forma, generando con ellos una base genética que posteriormente fue utilizada para implementar programas de multiplicación clonal.

A partir de tales individuos se desarrolló una metodología operativa para la clonación de estos genotipos mediante técnicas de micro y macropropagación, que permitieron generar copias vegetativas que fueron establecidas en tres ensayos clonales.

Los aspectos operativos de estas actividades, así como los resultados obtenidos de su aplicación, son discutidos en este artículo. En él se presenta las metodologías utilizadas, así como los resultados obtenidos en las etapas de selección de genotipos superiores, protocolos de multiplicación vegetativa y desempeño inicial de los clones establecidos en ensayos de terreno.



MATERIAL Y METODO

Selección de Genotipos Superiores

Fue implementado un sistema de selección indirecta para tolerancia a sequía, basado en la rigurosa individualización de árboles que, creciendo en zonas con severas restricciones hídricas, eran capaces de exhibir características superiores de volumen y forma en relación a los restantes árboles que crecían bajo las mismas condiciones de sitio. Para estos efectos se prospectó ensayos y plantaciones de *E. camaldulensis*, haciendo uso del sistema de selección denominado de árboles de comparación, el cual resulta particularmente efectivo para realizar selección masal en rodales coetáneos.

MICROPROPAGACIÓN

Desde los árboles seleccionados se cosechó material vegetativo correspondiente a ramas con brotes del último periodo de crecimiento, este fue identificado, embalado y despachado a laboratorio para iniciar el proceso de micropropagación.

Una vez en laboratorio, el material fue sometido a un protocolo de desinfección mediante lavados, remojos y enjuagues con agua, detergentes, fungicidas e hipoclorito de sodio. Durante este proceso también se consideró la aplicación de una solución antioxidante compuesta por ácido cítrico y ácido ascórbico en dosis de 500 mg/l de cada compuesto.

Desde el material desinfectado se extrajo segmentos nodales que fueron establecidos *in vitro*, en frascos de borosilicato ("snap" de ½ pulgada de diámetro) con el medio de cultivo MS (Murashige – Skoog). Los cultivos así iniciados, fueron mantenidos por tres meses en sala de crecimiento, con una temperatura de 22 +/- 2°C y un fotoperiodo de 16 horas.

La multiplicación de brotes *in vitro* a partir de los explantes iniciales se extendió por 12 meses en medio MS reducido a la mitad y suplementado con hormonas del grupo de las citoquininas.

Una vez multiplicados los brotes se procedió a elongarlos y enraizarlos para obtener *vitroplantas*. Para la elongación se utilizó el mismo medio que para la multiplicación de brotes, pero reduciendo la concentración de BAP (citoquinina). Alternativamente, en los clones que no responden a este procedimiento por sí solo, se lo complementó con etiolación para conseguir que sus brotes se elonguen.

El enraizamiento se realizó en el medio de cultivo MS, con los macronutrientes reducidos en su concentración y complementado con la auxina AIB (ácido Indolbutírico). Para este efecto, los brotes fueron dispuestos durante siete días en oscuridad, para luego ser mantenidos con un fotoperiodo de 16 h luz, a una temperatura de 22°C, hasta la aparición y desarrollo de las raíces (aproximadamente 18 días), para luego iniciar la etapa de aclimatación.

La aclimatación de las *vitroplantas*, para acondicionarlas a condiciones *ex vitro*, fue realizada en dos etapas, inicialmente en laboratorio y posteriormente en invernadero. Primero las

plantas fueron traspasadas en cámara de flujo laminar a cajas plásticas estériles que contenían un sustrato compuesto por turba y perlita y complementado con un medio nutritivo líquido (MS completo, sin sacarosa). Las cajas fueron cubiertas con una doble lámina de polietileno, removiéndola gradualmente a medida que la planta se adapta a condiciones ambientales normales. Una vez retirada completamente la cubierta, las plantas fueron trasladadas a invernadero y transplantadas a macetas de 3,5 litros de capacidad volumétrica, utilizando corteza de pino como sustrato, suplementada con fertilizantes de liberación controlada.

MACROPROPAGACIÓN

Una vez aclimatadas las plantas producidas por micropropagación, estas dieron origen a plantas madres. El manejo de las plantas madres consideró fundamentalmente la adecuada nutrición del seto y la aplicación de podas que le confirieran una estructura de copa compatible con la abundante producción de brotes para confeccionar estacas enraizables.

El periodo de permanencia en invernadero fue de aproximadamente 60 días, momento a partir del cual se apreciaba una lignificación del tallo principal y un mayor desarrollo de la parte aérea de la plantas. Con posterioridad las plantas fueron traspasadas al vivero, con sombreadero durante la primera semana, y retiro paulatino de este, de modo de conseguir un endurecimiento de las plantas que les permitiera resistir la primera poda de formación.

Las podas tuvieron por objetivo suprimir el crecimiento apical y promover la proliferación de brotes laterales. Normalmente se aplicó un *topping* o poda apical para favorecer el crecimiento de 3 a 5 brotes laterales bien distribuidos. En estos brotes laterales eran colectadas las estacas con cortes sobre el primer par de hojas, de modo que de cada corte generará 2 brotes nuevos para una cosecha posterior. En lo sucesivo se fue extrayendo y favoreciendo brotes de modo de conformar una estructura achaparrada, con múltiples brotes y sin dominancia apical.

Previo a la definición de un protocolo operativo para el enraizamiento de estacas provenientes de plantas madres, se estableció un ensayo en vivero e invernadero, probando tres sustratos (corteza, corteza:perlita y turba:arena) y la aplicación de auxina (ácido indolbutírico, 5.000 ppm) sobre la supervivencia y el enraizamiento de las estacas.

El ensayo de enraizamiento consideró 9 tratamientos, estructurados en un diseño completamente aleatorizado, con tres repeticiones de 28 estacas por tratamiento. Los ensayos fueron evaluados 8 semanas después de ser establecidos.

La confección de las estacas de *E. camaldulensis* se realizó a partir de brotes extraídos desde los setos o plantas madres. A partir de estos brotes se seccionó segmentos de tallo de 6 a 8 cm de longitud con un par de hojas sanas y un diámetro no inferior a 2 mm.

Las estacas confeccionadas en el paso anterior fueron sometidas a un tratamiento hormonal mediante el cual se le aplicaron auxinas exógenas para mejorar su respuesta rizogénica. Una vez aplicado el tratamiento hormonal, las estacas fueron insertadas en contenedores previamente preparados con el sustrato seleccionado, arena:turba en partes

iguales. Los contenedores utilizados correspondieron a bandejas de poliestireno expandido (*speedlings*) de 84 cavidades con un volumen de sustrato por cavidad de 130 cm³.

El enraizamiento se verificó entre las 6 y 8 semanas, periodo durante el cual las estacas debieron permanecer bajo condiciones de invernadero. Durante este período se procuró mantener una humedad relativa alta (superior al 70%) y una temperatura ambiental de 22 a 24°C.

Una vez enraizadas, las estacas fueron manejadas en vivero como una planta convencional, hasta que alcanzaron el estado apropiado para ser despachada a terreno y establecer los ensayos clonales.

ENSAYOS CLONALES

Las plantas obtenidas mediante enraizamiento de estacas corresponden a copias vegetativas de los árboles superiores seleccionados por el proyecto. Éstas fueron establecidas en tres ensayos clonales, con el objeto de probar el desempeño de los clones en condiciones representativas de aquellas donde serán establecidos operacionalmente. Los ensayos fueron instalados en Pullally, Cuz Cuz y El Tangué (Cuadro N° 1).

Cuadro N° 1
UBICACIÓN DE LOS ENSAYOS CLONALES DE *E. camaldulensis*

REGIÓN	PROVINCIA	COMUNA	PREDIO	PROPIETARIO
Valparaíso	Petorca	La Ligua	Pullally	Comunidad Javier Estay y Otros
Coquimbo	Choapa	Illapel	Cuz Cuz	Comunidad Agrícola Cuz Cuz
Coquimbo	Elqui	Tongoy	El Tangué	Sociedad Agrícola y Ganadera El Tangué

PULLALLY

Este ensayo se ubica a aproximadamente 160 Km al norte de Santiago, en la Comuna de La Ligua, V Región. Corresponde a una zona mediterránea con marcada influencia marina. La precipitación media anual es de 250 mm fuertemente concentrada en los meses invernales. La influencia costera se manifiesta en temperaturas templadas que no sobrepasan los 25°C, con una muy baja incidencia de heladas. El suelo corresponde a arenas originadas en una duna fósil de baja fertilidad (Smith, 1997).

CUZ-CUZ

Los terrenos de la comunidad agrícola de Cuz Cuz se enmarcan en el clima de Estepa Cálido que se caracteriza por la sequedad del aire y la ausencia de nubosidad. Sus temperaturas son mayores que en la costa, las precipitaciones son muy irregulares y escasas y los periodos de sequía son característicamente extensos (8 meses o más).

El sitio seleccionado para establecer el ensayo corresponde a la parte baja de una ladera orientada hacia el sur-este, con una acentuada pendiente de cerca del 90% y suelo severamente compactado.

El Tangue

Se encuentra en un clima clasificado como de estepa con nubosidad abundante. Se caracteriza por abundante nubosidad baja. La cercanía del mar produce amplitudes térmicas bajas. Las precipitaciones presentan un régimen frontal, con máximos en el invierno (junio, julio y agosto) donde precipita cerca del 80% del total anual. En El Tangue caen 107 mm anuales.

El sitio seleccionado corresponde a un sector denominado El Tranque en el estero Bachingo, dentro de la hacienda "El Tangue". Es una superficie plana de suelo liviano con la posibilidad de contar con agua para riegos de socorro en verano. (30°18'S 71°34'O)

En los tres sitios anteriores se acondicionó el terreno para la plantación, mediante roce de la vegetación existente, aradura y subsolado del suelo y construcción de cerco perimetral de protección contra animales silvestres y ganado.

La plantación fue manual, a un espaciamiento de 3 X 3 metros y de acuerdo a un diseño previamente definido. En todos los sitios se usó un diseño compuesto por 4 bloques completos al azar, donde cada clon era representado por una parcela lineal de 4 rametos. En total cada clon comprende 16 plantas en cada ensayo.

El número e identificación de los clones considerados en cada ensayo se presenta en el Cuadro N° 2.

La plantación propiamente tal se efectuó durante el mes de octubre de 2005, y en la misma ocasión se aplicó gel, fertilizante y un riego inicial. La primera medición, que es la que se analiza en este trabajo, corresponde a la efectuada en agosto de 2006, a los 10 meses de edad.

Cuadro N° 2

MATERIAL GENÉTICO CONSIDERADO EN LOS ENSAYOS CLONALES DE *E. camaldulensis*

Código Clon	Identificación de Terreno	Pullally	Cuz Cuz	El Tangue
1	Ensayo Tantehue. Bq 1; proced 2, Prog 16; Arbol 3	X	X	X
3	Ensayo Tantehue. Bq 1; proced 9, Prog 98; Arbol 3	X	X	X
5	Ensayo Tantehue. Bq 2; proced 2, Prog 9; Arbol 1	X	X	X
6	Ensayo Tantehue. Bq 2; proced 8, Prog 87; Arbol 3	X	X	

Código Clon	Identificación de Terreno	Pullally	Cuz Cuz	El Tangué
9	Ensayo Tantehue. Bq 3; proced 6, Prog 63; Arbol 1	X	X	X
11	Ensayo Tantehue. Bq 4; proced 6, Prog 60; Arbol 1	X	X	X
21	Ensayo Tantehue. Bq 8; proced 3, Prog 22; Arbol 4	X	X	
27	Ensayo Tantehue. Bq 9; proced 2, Prog 19; Arbol 2	X		X
29	Ensayo Tantehue. Bq 10; proced 5, Prog 52; Arbol 1	X	X	X
31	Ensayo Tantehue. Bq 10; proced 8, Prog 81; Arbol 4	X	X	X
43	Ensayo Longotoma 32°24,665'; 71°21,724'	X	X	X
44	Ensayo Longotoma 32°24,676'; 71°20,670'	X		X
50	Plantación masiva Tantehue	X	X	X

RESULTADOS

Selección de Genotipos Superiores

Como resultado del proceso de selección de árboles plus se identificaron 62 individuos de *E. camaldulensis*, distribuidos en 8 rodales. Desde 45 de tales árboles se extrajeron propágulos vegetativos para iniciar cultivos *in vitro*, 37 de los cuales superaron la etapa de desinfección y permitieron establecer explantes *in vitro* libres de contaminación.

Micropropagación

Los ensayos de desinfección y transferencia del tejido a cultivo *in vitro* permitieron obtener un porcentaje medio de contaminación del 22%, con una gran variación entre clones (1,7% a 80%). La mortalidad por concepto de oxidación de explantes alcanzó un promedio de 41,7 %.

La multiplicación de brotes también tuvo una marcada variación entre clones, obteniéndose un promedio de 32 explantes por clon.

Durante la etapa de elongación de brotes se observó una respuesta muy diferenciada en función de los clones utilizados, de modo que sólo en 13 de ellos se logró inducir una elongación compatible con la etapa de enraizamiento posterior.

El protocolo de enraizamiento comentado en la metodología permitió obtener un 100% de éxito en la inducción de rizogénesis adventicia, observándose que el principal factor que influye en la eficiencia de esta metodología es el hecho de aplicarla sobre brotes suficientemente

elongados.

La metodología de aclimatación permitió obtener una proporción de *vitroplantas* aclimatadas a condiciones *ex vitro* del orden del 100%. Esta alta tasa de sobrevivencia al extraer las plantas desde los frascos de cultivo se mantiene en invernadero y vivero.

Las plantas micropropagadas permitieron conformar un Banco de Plantas Madres que fue utilizado para desarrollar e implementar los procedimientos de macropropagación mediante enraizamiento de estacas y de esta forma incrementar el número de réplicas vegetativas de cada clon seleccionado, hasta contar con rametos suficientes para establecerlos en los respectivos ensayos clonales.

Macropropagación

Los resultados de los ensayos de enraizamiento de estacas descritos en la metodología se resumen en el Cuadro N° 3. Los resultados derivados del análisis de varianza, efectuados sobre los datos transformados en Unidades de Bliss, indican la existencia de diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos, tanto para la supervivencia como para el enraizamiento ($\alpha = 0,05$). Esta situación permite conformar grupos de tratamientos que estadísticamente alcanzan niveles de enraizamiento similares, los que de acuerdo con la dócima de Duncan se representan con letras iguales en el cuadro N° 3.

Cuadro N° 3
SUPERVIVENCIA Y ENRAIZAMIENTO A LAS 8 SEMANAS DE ESTACAS DE *E. camaldulensis*
(PORCENTAJE PROMEDIO POR TRATAMIENTO)

Descripción del Tratamiento			Tratamiento	Supervivencia (%)	Enraizamiento (%)
Invernadero	Corteza	Sin AIB	T0	29,8	25,0 b
		AIB 5.000 ppm	T1	33,3	29,8 b
	Corteza Perlita	Sin AIB	T2	19,0	16,7 ab
		AIB 5.000 ppm	T3	38,1	34,5 bc
	Arena:Turba	Sin AIB	T4	23,8	21,4 b
		AIB 5.000 ppm	T5	61,9	51,2 c
Vivero	Corteza	Sin AIB	T6	31,0	7,1 a
	Corteza:Perlita	AIB 5.000 ppm	T7	14,3	4,8 a
	Arena:Turba	AIB 5.000 ppm	T8	65,5	22,6 b
Totales				35,2	23,7

E. camaldulensis es una especie relativamente fácil de enraizar. Experiencias desarrolladas por Awad y Gutiérrez (1997) señalan porcentajes de enraizamiento entre 65 y 85%, valores superiores a los alcanzados en este estudio. Los autores anteriores (*op cit*) concluyen que no existe efecto del sustrato ni de la aplicación de auxina sobre el enraizamiento, pero que si hay un efecto clonal que determina la respuesta rizogénica. Sin embargo en este estudio se observan diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos, destacándose a la aplicación de auxina, el uso de turba con arena y al enraizamiento bajo invernadero como las condiciones más apropiadas para inducir la formación de raíces adventicias

Al respecto, los menores enraizamientos obtenidos en este estudio pueden ser atribuidos a ese efecto clonal, así como también al distinto origen de las plantas madres utilizadas como fustes de estacas. En el estudio mencionado se utilizaron plantas juveniles provenientes de semilla, mientras que en este nuevo ensayo se usaron réplicas micropropagadas de sólo un clon adulto, las que si bien exhibían un grado importante de rejuvenecimiento, correspondían a plantas con escasa lignificación y de brotes más suculentos. Lo mismo puede argumentarse para explicar las diferencias en el efecto de la aplicación de auxinas.

En cualquier caso, el ensayo permite confirmar que en especies fáciles de enraizar, el control de las variables ambientales durante el enraizamiento se hace menos crítico que en especies de arraigamiento más complicado. Efectivamente, en las precarias condiciones de las estacas manejadas en vivero se obtuvo un enraizamiento promedio, que si bien es inferior al obtenido en invernadero, presenta tratamientos, como el T8, que no se diferencia estadísticamente de otros establecidos dentro del invernadero y que incluso supera a algunos de estos.

No obstante, la calidad de las raíces y de los brotes producidos se hace muy diferente en ambas condiciones. En vivero las estacas presentan un muy limitado desarrollo de brotes y sus hojas se presentan coriáceas, gruesas y rojizas. Por el contrario, en invernadero el desarrollo de los brotes es muy rápido, estos se elongan con facilidad y se presentan verdes y muy turgentes.

En invernadero se observa una alta correlación entre sobrevivencia y enraizamiento, situación que no se observa en las estacas de vivero. En esta última condición, las estacas si bien se pueden mantener vivas, enraízan en una proporción mucho menor, observándose una gran cantidad de ellas que sólo exhiben un abundante callo basal, que no se ha diferenciado en raíces. Este fenómeno se observa en forma muy escasa en las estacas manejadas en invernadero, donde casi la totalidad de las estacas vivas exhiben formación de raíces.

Ensayos Clonales

La sobrevivencia de los ensayos clonales fue claramente inferior a la observada en ensayos con plantas de semillas de *E. camaldulensis* (Gutiérrez y Chung, 1993). Sin embargo, esta diferencia parece obedecer a las condiciones más favorables en que se establecieron los ensayos con plantas de semilla. Al comparar la sobrevivencia del ensayo clonal Pullally

(91,3%) con la reportada para un ensayo establecido en el mismo sitio con plantas obtenidas sexualmente, se obtienen resultados muy similares.

En términos de crecimiento inicial, los clones se comparan muy favorablemente con plantas obtenidas por propagación sexual. En efecto, a los 10 meses de edad los ensayos clonales presentaron una altura media de 1,2 m y un diámetro de cuello (DAC) de 13,9 mm, mientras que plantas de semilla, establecidas en un sitio equivalente al de Pullally (sector Longotoma), exhibían a los dos años de edad una altura media de 1,16 m y un DAC medio de 18 mm (Gutiérrez y Chung, 1993).

El comportamiento general de los clones representados en los ensayos, en términos de supervivencia y crecimiento inicial en DAC y altura, después de 10 meses de desempeño en terreno se resume en el Cuadro N° 4. Posteriormente, en los Cuadros N° 5 al 7 se describe el comportamiento exhibido por los clones en cada uno de los sitios ensayados.

Cuadro N° 4
DESEMPEÑO INICIAL DE CLONES DE *E. camaldulensis* ESTABLECIDOS EN TRES SITIOS DE LA IV Y V REGIONES DE CHILE, EVALUADO A LOS 10 MESES DE EDAD

Código clon	N° de plantas establecidas	N° de plantas vivas	Supervivencia (%)	DAC Promedio (mm)	Altura Promedio (m)
1	100	63	63,0	13,7	1,2
3	83	50	60,2	13,2	1,3
5	46	21	45,7	12,8	1,1
6	16	8	50,0	15,8	1,4
9	39	28	71,8	17,1	1,6
11	56	26	46,4	12,4	1,1
21	12	5	41,7	15,8	1,4
27	22	3	13,6	13,7	1,1
29	56	32	57,1	14,8	1,2
31	86	50	58,1	14,5	1,4
43	100	56	56,0	13,8	1,0
44	16	2	12,5	12,5	0,8
50	60	30	50,0	12,5	1,2
Total	692	374	54,0	13,9	1,2

Cuadro N° 5
DESEMPEÑO INICIAL DE CLONES DE *E. camaldulensis* ESTABLECIDOS EN EL ENSAYO CUZ CUZ

Código clon	N° de plantas establecidas	N° de plantas vivas	Supervivencia (%)	DAC Promedio (mm)	Altura Promedio (m)
1	32	22	68,8	18,5	1,4
3	16	14	87,5	18,4	1,7
5	16	2	12,5	19,5	1,3
6	16	8	50,0	15,8	1,4
9	16	12	75,0	19,5	1,8
11	16	5	31,3	20,2	1,8
21	12	5	41,7	15,8	1,4
27	10	1	10,0	17,0	1,6
29	16	8	50,0	17,9	1,5
31	26	18	69,2	19,3	1,7
43	20	18	90,0	18,3	1,2
44	12	0	0,0
50	16	5	31,3	18,8	1,6
Total	224	118	52,7	18,4	1,5

Cuadro N° 6
DESEMPEÑO INICIAL DE CLONES DE *E. camaldulensis* ESTABLECIDOS EN EL ENSAYO PULLALLY

Código clon	N° de plantas establecidas	N° de plantas vivas	Supervivencia (%)	DAC Promedio (mm)	Altura Promedio (m)
1	32	32	100,0	12,0	1,1
3	16	14	87,5	12,6	1,2
5	16	14	87,5	12,2	1,1
9	16	14	87,5	16,0	1,5
11	16	14	87,5	11,1	1,1
29	16	16	100,0	15,2	1,2
31	16	14	87,5	13,5	1,4
43	16	14	87,5	15,0	1,1
50	16	14	87,5	10,8	1,1
Total	160	146	91,3	13,0	1,2

Cuadro N° 7
DESEMPEÑO INICIAL DE CLONES DE *E. camaldulensis* ESTABLECIDOS EN EL ENSAYO EL TANGUE

Código clon	N° de plantas establecidas	N° de plantas vivas	Supervivencia (%)	DAC Promedio (mm)	Altura Promedio (m)
1	36	9	25,0	9,1	0,7
3	51	22	43,1	10,3	0,9
5	14	5	35,7	11,8	0,8
9	7	2	28,6	10,0	0,8
11	24	7	29,2	9,4	0,7
27	12	2	16,7	12,0	0,8
29	24	8	33,3	11,0	0,8
31	44	18	40,9	10,6	0,9
43	64	24	37,5	10,0	0,7
44	4	2	50,0	12,5	0,8
50	28	11	39,3	11,9	0,9
Total	308	110	35,7	10,5	0,8

La mayor tasa de supervivencia (91,3%) se obtuvo en el ensayo Pullally, mientras que el mayor crecimiento se logró en el ensayo Cuz Cuz. En el ensayo de El Tangue, tanto las variables de crecimiento como la supervivencia, exhiben sus valores más bajos.

El clon con mejor desempeño promedio en los tres ensayos corresponde al N° 9, que exhibe simultáneamente los valores más altos de supervivencia, altura y DAC. A nivel de ensayos individuales se observa cierta variación; en Cuz Cuz este mismo clon vuelve a ser el más eficiente, mientras que en El Tangue su desempeño no supera al promedio del ensayo en ninguna de las tres variables evaluadas. Por su parte, en Pullally muestra los mejores valores de crecimiento, pero su supervivencia es inferior al promedio del ensayo.

El menor desempeño promedio lo exhibe el clon N° 44, el cual fue representado sólo en dos ensayos, en Cuz Cuz experimentó una mortalidad completa, mientras que en el Tangue su supervivencia y crecimiento en DAC fueron los mejores del ensayo, siendo su crecimiento en altura intermedio entre el de los restantes clones evaluados en este sitio.

La variación observada sugiere la existencia a nivel inicial de efectos de interacción entre los clones y los sitios de plantación (interacción genotipo ambiente). En el Cuadro N° 8 se confirma esta situación para la variable altura, la cual exhibe bajos niveles de correlación entre los sitios evaluados, siendo las diferencias más acentuadas las que se presentan entre Pullally y Cuz Cuz. En el caso del DAC las correlaciones son mayores, indicando una menor incidencia de esta interacción genotipo ambiente. Respecto a la supervivencia, las mayores diferencias (menores valores de correlación) se observan entre los sitios de El Tangue y Pullally, mientras

que las correlaciones restantes son relativamente altas.

Cuadro N° 8
MATRIZ DE CORRELACIÓN ENTRE VARIABLES REPRESENTATIVAS DEL DESEMPEÑO DE CLONES DE *E. camaldulensis*

	Sobrevivencia			DAC			Altura		
	Cuz	El	Pullally	Cuz	El	Pullally	Cuz	El	Pullally
	Cuz	Tangue		Cuz	Tangue		Cuz	Tangue	
Cuz Cuz	1	0,72	0,91						
El Tangue		1	0,16						
Pullally			1						
Cuz Cuz				1	0,82	0,41			
El Tangue					1	0,73			
Pullally						1			
Cuz Cuz							1	0,41	0,09
El Tangue								1	0,25
Pullally									1

CONCLUSIONES

Los procedimientos empleados en el proyecto para clonar a individuos selectos de *E. camaldulensis* resultaron apropiados para producir plantas de esta especie, aún cuando las tasa de enraizamiento de estacas resultaron inferiores a las señaladas en trabajos anteriores (Awad y Gutiérrez, 1997).

El desempeño de tales plantas en terreno es inicialmente mejor que el observado en plantas de semillas. No obstante, la evaluación efectuada resulta demasiado inicial para establecer comparaciones válidas entre clones.

Los valores de supervivencia de los ensayos clonales resultaron en general inferiores a los reportados para plantas de semillas. Esta diferencia parece obedecer a las condiciones ambientales de los sitios de plantación más que al origen vegetativo de las plantas. A este respecto, la época de plantación no fue la adecuada para la zona de ensayo y es esperable que un establecimiento en la época de mayor probabilidad de precipitaciones resulte más favorable.

REFERENCIAS

Awad, G. y Gutiérrez, B. 1997. Evaluación de la Capacidad Rizogénica de Progenies Híbridas F1 de *Eucalyptus camaldulensis* X *E. globulus*. Chile Forestal N° 247, Marzo de 1997.

Gutiérrez, B. y Chung, P. 1993. Crecimiento inicial de 23 procedencias y 196 familias de *Eucalyptus camaldulensis* Denh en cuatro sitios de la zona central de Chile. En: Ciencia e Investigación Forestal 7(1): 5-22.

Gutiérrez B.; Ortiz O.; Molina M.; Chung, P.; Koch L.; González, M.; Casanova, K. y Soto H. 2005. Protocolos de Clonación para *Eucalyptus camaldulensis*: Macro y Micropropagación. Proyecto FIA: BID-PI-C-2001-1-F-050, Masificación Clonal de Genotipos Forestales de Interés Comercial para la Zona Árida y Semiárida del País. Instituto Forestal, Concepción, Chile. 62 p.

Smith, N. 1997. Comportamiento de *Eucalyptus camaldulensis* en Longotoma, Chile. Base para el mejoramiento de la especie en la zona semiárida. En: Valdebenito, G y Benedetti, S. (editores). Forestación y Silvicultura en Zonas Áridas y Semiáridas de Chile. INFOR-CORFO. Santiago, Chile. Pp: 186-196.



ASSESSMENT OF GENETIC DIVERSITY AND GENETIC RELATIONSHIPS AMONG SEVEN CHILEAN CHESTNUT (*Castanea sativa* MILL.) POPULATIONS USING ISOZYMES AND RAPD MARKERS

V. Loewe¹; C. Mattioni²; M. González¹; M. Cherubini²; P. Pollegioni²;
F. Villani²; M. Casasoli²; S. Benedetti¹

SUMMARY

This paper estimates the genetic variability of 7 seed propagated Chilean populations of *Castanea sativa* Mill. using isozymes and RAPD markers. Out of 17 isozymes loci investigated 41 alleles were detected, 4 RAPD primers generated 37 markers. Low genetic intra populations variability was estimated using isozymes (Fis 0.027) and RAPD (Hs=0.02) markers. Although the geographical distance from populations is considerable the differentiation among them is not high: G_{st}= 0.095 for RAPD and F_{st}=0.101 for isozymes. Not deviations from Hardy Weinberg equilibrium was estimated, even though these populations had received selective pressure and were introduced recently to Chile, probably during the 19th with the arrival of European immigrants. UPGMA analysis, based on Nei genetic distance index and including isozymes data of previously studied European populations, suggests Portugal as the possible center of origin of Chilean Chestnut populations. The generated information represents an important contribution to local managers and authorities, to determine an appropriate chestnut management, combining productivity and conservation, economy and ecology.

Key Words: Chestnut, Genetic diversity, Isozymes, RAPDs.

¹ Instituto Forestal. Chile. vloewe@infor.cl; mgonzale@infor.cl; sbenedet@infor.cl

² Istituto di Biologia Agroambientale e Forestale Italy. c.mattioni@ibaf.cnr.it

ANÁLISIS DE LA DIVERSIDAD Y RELACIONES GENÉTICAS ENTRE SIETE POBLACIONES CHILENAS DE CASTAÑO (*Castanea sativa* Mill.) USANDO ISOENZIMAS Y MARCADORES MOLECULARES RAPD

RESUMEN

Se utiliza isoenzimas y marcadores moleculares (RAPD) para estimar la variabilidad genética de 7 poblaciones chilenas de castaño (*Castanea sativa* Mill.) propagadas por semilla. De 17 loci isoenzimáticos analizados se detectaron 41 alelos; 4 partidores RAPDs generaron 37 marcadores. Se detectó una baja variabilidad genética dentro de las poblaciones usando isoenzimas ($FIS=0,027$) y marcadores RAPD ($Hs=0,02$). Aunque la distancia geográfica entre las poblaciones es considerable, la diferenciación entre ellas no es alta: $Gst=0,095$ para RAPD y $Fst=0,101$ para las isoenzimas. No se estimaron desviaciones para ley de equilibrio de Hardy-Weinberg, aún cuando estas poblaciones habían estado sometidas a presiones de selección y habían sido introducidas a Chile recientemente, probablemente durante el Siglo XIX con la llegada de los emigrantes europeos. El análisis UPGMA basado en el índice de distancia genética de Nei, e incluyendo información de isoenzimas estudiados previamente en poblaciones europeas, sugieren a Portugal como el posible centro de origen de las poblaciones chilenas de castaño. La información generada representa una importante contribución a los silvicultores y autoridades locales para determinar un apropiado manejo del castaño, que combine aspectos de productividad con otros de conservación, economía y ecología.

Palabras clave: Castaño, diversidad genética, isoenzimas, RAPD

INTRODUCTION

Since immemorial times the Chestnut tree, *Castanea sativa* Mill, has represented a valued productive alternative, both for its fruit and timber. From the antiquity its timber was recognized for its nobility, used as structural wood, for furniture and fine handicrafts, and in agricultural applications (Benedetti and Subiri, 2000). Its fruits became a currency in periods of shortage, due to its excellent nutrition, reason why special varieties have been developed for the production of high quality Chestnuts, oriented to gourmet markets.

Its presence in Chile goes back to 19th century, when European immigrants introduced it to the country (Benedetti and Subiri, 2000). In Chile Chestnut has been cultivated in the central and southern area, where some commercial orchards are found. In general, orchards do not present a defined management, and irrigation, fertilizers and herbicides are not usually applied, bearing low quality fruit (Loewe *et al.*, 1994). Contrarily, Chestnut timber presents good technological characteristics; no ring-shake defect has been found in the country (Loewe *et al.*, 1994).

Furthermore, based on the ecological requirements of the species and environmental characteristics in Chile, potential areas of approximately 1.400.000 hectares for the establishment of plantations were determined (Loewe *et al.*, 1997).

Considering the wide geographical distribution of this species, the diversity of the identified phenotypes (Benedetti and Subiri, 2000) and the economic importance of this species, studies on genetic variability of Chestnut in Chile are needed.

The aims of this work were: 1) Evaluate the genetic diversity of the Chilean Chestnut populations using isozymes and RAPD markers 2) Evaluate the possible origin of Chilean Chestnut populations analyzing the isozymes data obtained in this study with those previously published by Villani *et al.* (1994). This information can be the base of a strategy of genetic improvement oriented to plantations with forest and fruit-forest goals, as well as to define utilization and germplasm conservation criteria, both basic factors to take advantage of the potentiality of the species in Chile.

MATERIALS AND METHODS

Plant Material

Samples of Chestnut fruits were collected from 30 trees coming from each of seven populations located between the VIII and X Regions of Chile. Four of the seven analyzed populations aim at fruit-bearing production, while the three remaining aim at timber productions (Table N° 1). All plantations were seed propagated.

Table N° 1
CHARACTERIZATION AND GEOGRAPHICAL LOCALIZATION OF THE STUDIED POPULATIONS

Property Name	Region	County/City	Lat (S); Long (W)	Plantation's goal	Age (years)	Spacing (m)	Soil Type
Tanilboro	VIII	Coihueco	34° 40' 71° 50'	Fruit	50	12 x 12	Trumao ^a
Santa Cecilia	VIII	San Ignacio	37° 00' 72° 00'	Fruit	50	10 x 10	Trumao
Trehualemu	VIII	San Ignacio	37° 00' 72° 00'	Fruit	45 - 50	10 x 10	Trumao
El Coigüe	IX	Villarrica	39° 30' 72° 30'	Forest	29	4 x 4	Thin Trumao
Las Palmas	X	Valdivia	40° 00' 73° 00'	Forest	41	5 x 5	Thin Trumao
Los Copihues	X	Valdivia	40° 00' 73° 00'	Forest	34	4 x 4	Metamorphic rock
Tres Bocas	X	Corral	40° 00' 73° 00'	Forest	26	3 x 3	Metamorphic rock

Source: Modified of Loewe *et al.* (1994)

^aTrumao: volcanic soil, light, deep, fertile and with good drainage.

Isozymes Analysis

Starch gel electrophoresis was carried out according to the methodology of Villani *et al.* (1991). The following eleven enzyme systems were examined (Table N° 2): alcohol dehydrogenase (Adh, E.C.1.1.1.1), diaphorase (Dia, E.C.1.6.4.3), isocitrate dehydrogenase (Idh, E.C.1.1.1.42), glutamate oxaloacetate transaminase (Got, E.C.2.6.1.1), phosphoglucosmutase (Pgm, E.C.2.7.5.1), leucinelaminopeptidase (Lap, E.C.3.4.11.1), esterase (Est, E.C.3.1.1.2) phosphoglucoisomerase (Gpi, E.C.5.3.1.9), peroxidase (Prx, E.C.1.11.1.17), superoxide dismutase (Sod, E.C.1.15.1.1) and glucose-6-phosphate dehydrogenase (6-Pgdh, E.C.1.1.1.49).

Table N° 2
ENZYMATIC SYSTEMS, LOCI AND ALLELES NUMBER

Enzymatic systems	Loci enzymatic	Alleles Number
ADH	Adh	3
DIA	Dia	2
IDH	Idh-1	4
	Idh-2	2
GOT	Got-1	1
	Got-2	1
	Got-3	2
PGM	Pgm	2
LAP	Lap-1	5
	Lap-2	4
	Lap-3	2
EST	Est-1	3
GPI	Gpi-1	1
	Gpi-2	3
6PGDH	6Pgdh	2
PRX	Prx-1	3
SOD	Sod	1

DNA Extraction and RAPD Amplification

DNA was extracted from 100 mg of nut tissue according to Doyle and Doyle (1987) method. 18 RAPD primers, obtained from Operon Technology (Alameda Calif.), were tested. Four of these (OPM 7, OPT 2, OPK 4, and OPK 19) showed clear and reproducible bands were used for the analysis (Table N° 3). Amplifications were made in 12.5 µl of reaction volume containing 10 mM Tris-HCl pH 8; 50 mM KCl; 1.5 mM MgCl₂; 0.2 mM of each dNTP; 0.4 µM primer; 100 mg/ml BSA; 0.75 Unit of Taq-polymerases (Boeringer Mannheim, Germany) and 20 ng of DNA. The mixture was overlaid with mineral oil and subjected to PCR on a Perkin Elmer 480 Thermal Cycler programmed for an initial step of 3 minutes at 94°C, followed by 45 cycles at the following temperatures: 94°C for 1 minute, 36°C for 1 minute, 72°C for 2 minutes and a final step at 72°C for 10 minutes. Amplification products were analyzed on a 1.4% agarose gel stained with ethidium bromide (0.2 µg/l).

Table 3
RAPD PRIMERS USED AND NUMBER OF MARKERS SCORED

Primer	Sequence (5' - 3')	Number of scored bands	Scored bands molecular weight range
OPM 7	CCGTGACTCA	12	475-1273
OPT 2	GGAGAGACTC	8	525-1230
OPK 4	CCGCCCAAAC	13	271-1538
OPK 19	CACAGGCGGA	4	984-1476

Data Analysis

Isozymes

Isozymes were progressively numbered from the most anodally migrating one. Data were statistically processed using software BIOSYS-1 (Swofford and Selander, 1989) and POPGENE (Yeh *et al.*, 1997). The percentage of polymorphic loci (P) and the number of expected (He) and observed (Ho) heterozygotes were calculated.

Genetic differentiation within and between the Chilean populations was estimated by F statistics (Fst, Fit and Fis) (Weir and Cockerham, 1984) using FSTAT software (Goudet, 2000).

In order to determine the possible origin of the Chilean chestnut, F-statistics analysis was also used to compare isozymes data of Chilean populations with isozymes data of European chestnut populations (Italy, Portugal, Spain and Turkey) previously published (Villani *et al.*, 1994). Cluster analysis of the dissimilarity matrices, based on Nei (1978) genetic diversity index, was performed and the results summarized as UPGMA analysis. A Wagner tree was generated to highlight the genetic distance between Chilean and European populations. Mantel test was carried out to correlate genetic and geographic distances.

RAPD

The band indicated with the primer code and the molecular weight (bp) were read considering presence (=1) and absence (=0). For RAPD markers, being dominant, the null homozygotes can

be identified by the absence of any amplified product and the frequency of the two alleles at a RAPD locus could be calculated from the frequency of null phenotypes (q^2) and $p=1-q$.

Bands with extremely low recessive frequencies ($q^2 < 3/n$) were excluded from the analysis (Lynch and Milligan, 1994).

Using the software POPGENE (Yeh *et al.*, 1997), a set of measures of intra and inter genetic population statistics were calculated: percentage of polymorphous loci (P), total genetic diversity (Ht), genetic diversity within population (Hs) and genetic differentiation among populations (Gst). Cluster analysis based on Nei (1978) genetic distance values was performed using UPGMA method. To validate the correspondence of genetic and geographic distances, a Mantel test was carried out.

RESULTS

Of 17 isoenzyme loci investigated 41 alleles were detected while the four RAPD primers used generated 37 markers. Tables' 4 and 5 show the genetic diversity values of the seven Chilean Chestnut populations obtained respectively with isozymes and RAPD data.

Table N° 4
GENETIC DIVERSITY VALUES BASED ON ISOZYMES DATA

Single Population	Shannon's information index	loci polymorphic (%)	Ho	He	Fis
Tres Bocas	0.43 (0.27)	52.9	0.217 (0.053)	0.236 (0.054)	0.081
Tanilboro	0.41 (0.30)	70.6	0.242 (0.054)	0.242 (0.051)	0.001
Las Palmas	0.40 (0.40)	47.1	0.192 (0.051)	0.225 (0.061)	0.150
Santa Cecilia	0.35 (0.29)	58.8	0.180 (0.042)	0.196 (0.045)	0.082
El Coigüe	0.40 (0.35)	58.8	0.242 (0.058)	0.232 (0.053)	-0.001
Trehualemu	0.37 (0.26)	64.7	0.209 (0.042)	0.213 (0.043)	0.021
Los Copihues	0.43 (0.39)	58.8	0.239 (0.056)	0.234 (0.057)	-0.012
All populations	Fis	Ft	Fst		
	0.027 (0.082)	0.125 (0.072)	0.101 (0.036)		

Table N° 5
GENETIC DIVERSITY VALUES BASED ON RAPD DATA

Single Populations	Shannon's information index	Nei's gene diversity	Polymorphic loci (%)
Tres Bocas	0.41 (0.26)	0.274 (0.189)	78.38
Tanilboro	0.44 (0.26)	0.298 (0.189)	81.08
Las Palmas	0.42 (0.27)	0.291 (0.196)	78.38
S. Cecilia	0.47 (0.25)	0.324 (0.183)	81.08
El Coigüe	0.49 (0.22)	0.333 (0.169)	89.19
Trehualemu	0.46 (0.23)	0.309 (0.172)	83.78
Los Copihues	0.46 (0.24)	0.313 (0.171)	81.08
All populations	Hs	Ht	Gst
	0.34 (0.02)	0.30 (0.02)	0.095

A higher percentage of polymorphic loci were obtained using RAPD markers (range from 73 to 81%) compared to that obtained using isozymes markers (range between 47 and 71%).

Comparable genetic diversity values were obtained analyzing the single populations with both markers. In general low intra population diversity and low divergence between populations were obtained respectively for isozymes ($F_{is} = 0.027$ $F_{st} = 0.10$) and RAPD ($H_s = 0.34$ $G_{st} = 0.095$) markers. Higher values of the Shannon's information index were obtained using RAPDs than isozymes markers. Nei genetic diversity values obtained using RAPD markers varied between 0.274 and 0.313; the observed average heterozygosity values obtained using isozymes ranged between 0.180 and 0.239. A moderate deviation from the Hardy Weiber equilibrium was observed only in three populations (Santa Cecilia, Tres Bocas, Las Palmas).

Figures N° 1 and 2 show the results of the UPGMA cluster analysis based on Nei (1978) genetic diversity index using, respectively, isozymes and RAPD data. In the dendrogram based on isozymes data (Figure N° 1), two main groups are identified, one including Las Palmas and Los Copihues populations, the other including Santa Cecilia, Trehualemu, Tres Bocas, El Coigüe, with Tanilboro being intermediate between the two groups. Cluster analysis based on the RAPD values gave different indications; Los Copihues appeared the most differentiated population; the other populations were grouped in two main clusters, one including Tres Bocas, Tanilboro and Las Palmas, and the other including Santa Cecilia, El Coigüe and Trehualemu (Figure N° 2).

Low genetic distances values among populations were observed for both markers.

Mantel test performed between genetic distance and geographic distance showed a low but significant correlation ($r = 0.5333$ and $p = 0.019$) for isozymes analysis, while RAPD data underlined the absence of correlation between genetic and geographic distances ($r = 0.007$, $p = 0.47$).

Genetic differentiation was also estimated between Chilean and European populations analyzing the present isozymes data with those previously published (Villani *et al.*, 1994).

The variability intra (F_s) and among (F_{st}) populations were low when the Chilean populations were pooled with Portuguese ($F_{st} = 0.100$) or Italian populations (0.115) while higher values of differentiation were observed pooling the Chilean populations with the Spanish (0.150) or the Turkish ones (0.174) Table N° 6. The UPGMA cluster analysis (Figure N° 3) performed with European (Villani *et al.* 1994) and Chilean populations showed three major clusters; one grouping the Chilean (C) and the Portuguese (P) populations; one grouping the Italian (I) populations and the third one grouping the populations from Spain (E) and Eastern (Te), Central (Tc) and Western Turkey (Tw) populations.

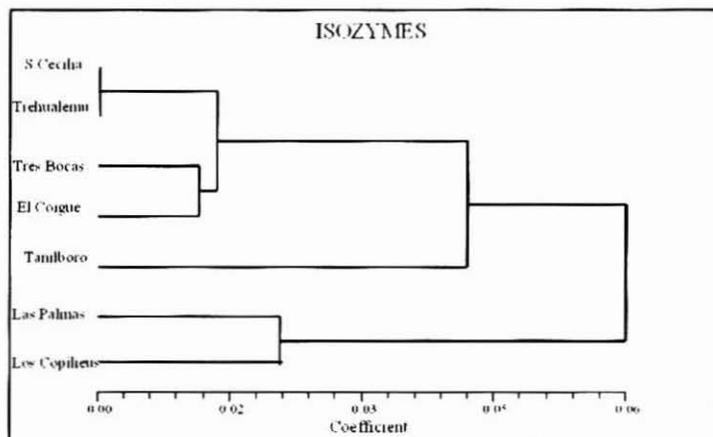


Figure N° 1
UPGMA DENDROGRAM BASED ON NEI (1978) GENETIC DISTANCE VALUES

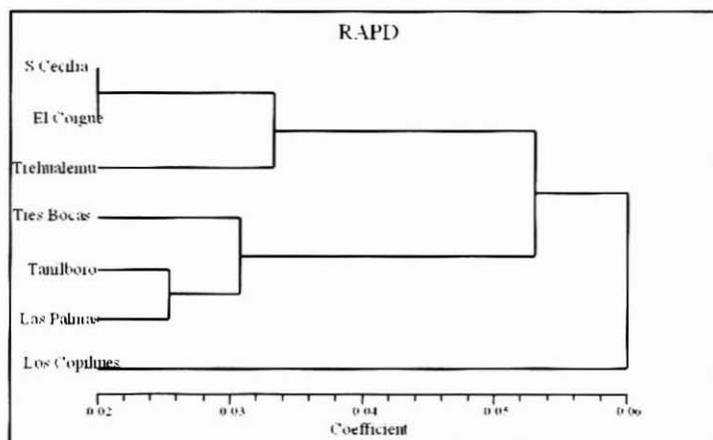


Figure N° 2
UPGMA DENDROGRAM BASED ON NEI (1978) GENETIC DISTANCE VALUES

Table N° 6
F -STATISTICS VALUES FOR CHESTNUT POPULATIONS

	Fis	Fit	Fst
Chile	0.027 (0.082)	0.125 (0.072)	0.101 (0.036)
Chile-Portugal	0.024 (0.033)	0.122 (0.043)	0.100 (0.016)
Chile-Italy	0.024 (0.021)	0.131 (0.036)	0.115 (0.026)
Chile-Spain	0.036 (0.026)	0.180 (0.024)	0.150 (0.025)
Chile-Turkey	0.044 (0.019)	0.211 (0.033)	0.174 (0.033)

DISCUSSION AND CONCLUSIONS

This study on Chilean populations indicated a rather low degree of intra populations' genetic diversity and low differentiation among them. Both isozymes and RAPDs markers, despite their different nature revealed comparable genetic structure of the Chilean populations.

In fact isozymes are co dominant, the number of loci analyzed is limited and the variation is detected only in the coding loci, while RAPDs are dominant and provide a large number of anonymous loci but probably located on non coding sequence (Le Corre *et al.*, 1997). This agreement found between isozymes and RAPD markers was also noticed in studies of various species (Haig *et al.*, 1994; Yeh *et al.*, 1995; Le Corre *et al.*, 1997; Huang *et al.*, 1998).

The genetic structure of Chilean populations could indicate that the seed sources used for the plantations were derived from rather heterogeneous populations and not from few highly selected genotypes. The low intra population genetic variation as well as the moderate deviation from the Hardy Weinberg equilibrium found in some populations could be interpreted as a result of: (i) relatively recent establishment of the populations which did not have enough time to evolve and adapt to different environmental conditions present in different Chilean regions and not being submitted to strong selective pressure by human action; (ii) introduction from a rather small part of the European Chestnut distribution area which results in populations with a genetic structure not completely representative of the genetic diversity present in the main species origin area.

Compared to the European Chestnut populations the Chilean appear to be less variable (Villani *et al.*, 1995; 1999) and the lowest genetic distance values found between Chilean and Portuguese populations could suggest that Chilean populations have probably originated from the second ones.

This hypothesis is also supported by the genetic structure analysis: the lowest F_{st} value was found between Chilean-Portuguese populations, the F_{st} values increases when the Chilean populations are compared with the Italian, Spanish and Turkish populations. According to some palynological and historical records Portuguese populations seem to represent one of the European Chestnut refugia or secondary diversification centers (Villani *et al.*, 1990; 1999). In fact, apparently, the woody species survived the last glaciation in a minimum of three places, one in east Turkey, a second in west Turkey and a third in the Iberian Peninsula, which would correspond to the origin of the Chilean populations, conferring them different characteristics from the rest of the European populations.

The generated information represents an important contribution to local managers and authorities whose main objective is to extend the cultivation of Chestnut to areas potentially appropriate for the species requirements (climate, soil, altitude, etc.). If the cultivation were going to be developed considering sustainability criteria, knowledge on the genetic diversity and the adaptive potential of the populations used would be an essential part of it.

Different approaches could be proposed to delineate an integrated conservation and exploitation strategy. One of the possible strategies could be to test the Chestnut genetic

resources present in Chile in different geographic regions, possibly through comparative field trials where it would be possible to detect differential adaptation and production capacity within the Chilean gene pool.

Another option would be to explore the possibility to increase the genetic diversity of the Chilean populations through the introduction of material genetically representative of the European Chestnut populations that have not been explored so far. Comparative field trials could be used to test the adaptive potential of this material in the Chilean environmental conditions. Such approach should be a prerequisite for a correct exploitation program both for fruit and wood production and to define with scientific basis how Chestnut management could be applied appropriately, combining productivity and conservation, economy and ecology.

ACKNOWLEDGEMENTS

The study was developed between 1997 and 2000 through International Scientific Cooperation. CONICYT (Chile)-CNR (Italy) programs "Study of the genetic structure of Chestnut and Walnut populations for its application into genetic breeding programs and culture techniques valid for noble species" (1999-2000), and "Study of the genetic structure of Chestnut populations to develop conservation, productive exploitation and genetic improvement" (1997-1998). Both initiatives were supported by the R&D projects "Silviculture of non-traditional species: a higher productive diversity" funded by the Foundation for the Agriculture Innovation (FIA), and "Diversification of forest plantations with species of economic interest", funded by FONDEF.

REFERENCES

- Benedetti, S. and Subiri, M. 2000.** El castaño, una opción de producción forestal. Instituto Forestal (INFOR). Chile.
- Doyle, J.J. and Doyle, J.L. 1987.** A rapid isolation procedure for small quantities of fresh leaf tissue. *Phytochem Bull* 19:11-15.
- Goudet, J. 2000.** FSTAT, a program to estimate and test gene diversities and fixation indices (version 2.9.1). In: <http://www.unil.ch/izea/software/fstat.html>.
- Haig, S.M.; Rhymer, J.M. and Heckel, D.G. 1994.** Population differentiation randomly amplified polymorphic DNA of red-cockade woodpeckers *Picoides borealis*. *Mol. Ecol.* 3: 581-595.
- Huang, H.; Dane, F. and Kubisiak, T.L. 1998.** Allozyme and RAP analysis of genetic diversity and geographic variation in wild populations of the American chestnut (*Fagaceae*). *American Journal of Botany* 85: 1013-1021
- Le Corre, V.; Dumolin-Lapegue, S. and Kremer, A. 1997.** Genetic variation at allozyme and RAPD loci in sessile oak *Quercus petraea* (Matt.) Liebl.: the role of history and geography. *Mol. Ecol.* 6: 519-529.
- Lynch, M. and Milligan, B.G. 1994.** Analysis of population genetic structure with RAPD markers. *Mol. Ecol.* 3: 91-99.
- Loewe, M.V.; Neuenschwander, A.A. and Alvear, S.C. 1994.** El castaño en Chile: un cultivo promisorio. Documento Técnico N° 85, Revista Chile Forestal.
- Loewe, V.; López, C. and Urquieta, E. 1997.** Identificación de zonas potenciales para el establecimiento de Castaño (*Castanea sativa* Mill.), VIII - X región. Proyecto FIA-FONSIP "Silvicultura de especies no tradicionales: una mayor diversidad productiva".
- Nei, M. 1978.** Estimation of average heterozygosity and genetic distance from a small number of individuals. *Genetics* 89: 583-590.
- Swofford, D.L. and Selander, R.B. 1989.** Biosys-1. Illinois natural History Survey.
- Villani, F.; Pigliucci, M.; Benedettelli, S. and Cherubini, M. 1990.** Genetic differentiation among Turkish chestnut (*Castanea sativa* Mill.) populations. *Heredity* 66: 131-136.
- Villani, F.; Benedettelli, S.; Paciucci, M.; Cherubini, M. and Pigliucci, M. 1991.** Genetic variation and

differentiation between natural populations of chestnut (*Castanea sativa* Mill.) from Italy. In: Fineschi, S.; Malvolti, M.E.; Cannata, F. and Hattermer, H.H. (Eds.). *Biochemical Markers in the Population Genetics of Forest Trees*. Spb Academic Publishing, Hague, The Netherlands. Pp: 91-103.

Villani, F.; Pigliucci, M. and Cherubini, M. 1994. Evolution of *Castanea sativa* Mill. in Turkey and Europe. *Genet. Res. Camb.* 63:109-116.

Villani, F.; Cherubini, M. and Cannata, F. 1995. Comparison of Chestnut Genetics in France and Italy. In "Sustainability of Mediterranean Ecosystem: case study of the chestnut forest". *Ecosystem Research Report 19 European Commission EUR 15727 EN*. EdF. Romane. Pp: 89-103.

Villani, F.; Sansotta, A.; Cherubini, M.; Cesaroni, D. and Sbordoni, V. 1999. Genetic structure of natural populations of *Castanea sativa* in Turkey: evidence of a hybrid zone. *J. Evol. Biol.* 12: 233-244.

Weir, B.S. and Cockerham, C.C. 1984. Estimating F-statistics for the analysis of populations' structure. *Evolution* 38: 1358-1370.

Yeh, F.C.; Chang, K.X. and Yang, R.C. 1995. RAPD variation within and among natural populations of trebling aspen (*Populus tremuloides* Michx) from Alberta. *Journal of Heredity* 86:454-460

Yeh, F.C.; Yang, R.C.; Boyle, T.B.J.; Ye, Z.H. and Mao, J.X. 1997. Ppogene, the user-friendly software for Population genetic Analysis. *Molecular Biology and Biotechnology Center of Alberta, Alberta.*

VALORACIÓN DEL PAISAJE EN BOSQUES DE RENOVALES DE ROBLE-RAULÍ-COIGÜE

Yasna Rojas Ponce¹; Joaquín Solana Gutiérrez²

RESUMEN

El paisaje es un sistema complejo, de interés ecológico, ambiental, social y cultural, que se estructura por la interacción entre la naturaleza y la sociedad.

Se analiza el paisaje de renovales de Roble-Raulí-Coigüe de la comuna de Lanco, mediante el estudio de componentes territoriales (topografía, geomorfología y vegetación) y el establecimiento de un vector de valoración del paisaje. La metodología incluye el establecimiento de unidades homogéneas, a partir de variables físicas y productivas, mediante el análisis de componentes principales. Una vez definidas las unidades homogéneas, se analiza para cada una de ellas el comportamiento de las variables de producción y variables del entorno. Se calculan para las especies arbóreas índices de biodiversidad relacionados con la composición tales como Shannon, Margaleff, Menhinick y Berger-Parker, y relacionados con la estructura del bosque; para el caso de la estructura vertical se consideró el índice de estructura vertical de Shannon; para la estructura horizontal se usa la desviación típica del diámetro. Además se determinan indicadores que se relacionan con la fragmentación y estructura espacial de las unidades homogéneas.

A partir de esta información se construye un vector de valoración del paisaje que incluye valores de producción y biodiversidad, por medio de análisis de componentes del paisaje. A través de técnicas blandas de análisis decisional se obtiene la relación de preferencia de las muestras. Finalmente se entrega una valoración del paisaje de bosques de renovales para el caso descrito.

Palabras clave: Renovales Roble- Rauli-Coigüe, valoración del paisaje.

¹ Instituto Forestal, Sede Valdivia. Chile. Departamento Economía y Gestión Forestal, Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Montes, Universidad Politécnica de Madrid, España. (Estudiante Doctorado). yrojas@infor.cl

² Departamento Economía y Gestión Forestal, Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Montes, Universidad Politécnica de Madrid, España. jsolana@montes.upm.es

VALUATION OF THE LANDSCAPE OF SECOND-GROWTH STANDS OF ROBLE-RAULÍ-COIGÜE

SUMMARY

Landscape is a complex system structured by interaction between nature and society, and it is very important from ecological, environmental, social and cultural viewpoint.

The landscape of second-growth stands of "Roble-Rauli-Coigüe" located in commune of Lanco is analyzed by means of the territorial components study (topography, geomorphology, and vegetation) and the establishment of a landscape valuation vector. Forests of the case study are classified in homogenous units considering physics and productive variables through principal components analysis. After this, each unit is analyzed according two different characteristics: productive and environmental variables. Biodiversity indicators are calculated related to composition of trees such as Shannon, Margaleff, Menhinick, Berger-Parker, and related to vertical and horizontal structure (Shannon's vertical structure index and horizontal structure index based on dbh standard deviation). Furthermore, fragmentation and spatial structure indicators are calculated.

A valuation vector that incorporates production and biodiversity value is constructed. Preference relation of the samples is obtained through soft techniques for decision-making analysis. Finally, it is obtained a landscape valuation of second-growth stands of "Roble-Rauli-Coigüe".

Key words: Second-growth stands of Roble-Raulí-Coigüe, landscape valuation.

INTRODUCCION

En Chile 3,6 millones de hectáreas de los bosques sin restricciones de producción corresponden a renovales, que son bosques de segundo crecimiento, de edades entre 40 y 80 años, con un gran potencial de crecimiento y dominados por las especies del género *Nothofagus*. Este recurso es de gran importancia, puesto que son bosques naturales que responden bien al manejo forestal y cuyas especies *Nothofagus* son de gran importancia económica.

Los bosques naturales, son esenciales para la obtención de madera y otros bienes, así como para la producción de una serie de servicios ecosistémicos, tal como la producción de agua, la conservación del suelo, preservación de la biodiversidad, fijación de carbono atmosférico para la regulación de cambios climáticos a nivel global y oportunidades para la recreación y el turismo. El manejo adecuado de los bosques naturales permite compatibilizar la producción maderera con la conservación o incremento de estos servicios

Los renovales de *Nothofagus* se describen como bosques puros, de relativamente baja diversidad de especies, característica dada por su estado sucesional juvenil y la alta competencia existente entre los árboles, que limita el desarrollo de doseles inferiores. Aun cuando los renovales presentan una apariencia más homogénea que el bosque adulto, la distribución y densidad del bosque exhiben variabilidad. Conocer en detalle tal variabilidad de su biodiversidad puede ser de gran ayuda para definir objetivos de gestión que consideren la conservación de la misma.

OBJETIVOS

La finalidad de este trabajo es caracterizar los renovales desde el punto de vista de la biodiversidad, para finalmente establecer un vector de valor global que incluya tanto componentes de biodiversidad como de producción, para determinar las mejores situaciones a las cuales se puede aspirar como objetivo de gestión. Sus objetivos específicos son:

Analizar y establecer relaciones entre las variables medidas en el inventario forestal, para fijar las variables clasificatorias de unidades homogéneas dentro del área de estudio

Analizar la variación de distintos parámetros productivos dentro y entre las unidades homogéneas evaluados en el inventario (volumen, área basal, N° pies/ha)

Caracterizar la biodiversidad en renovales de Roble-Rauli-Coigüe

Determinar un vector de valoración que incluya aspectos de biodiversidad y producción.

ANTECEDENTES GENERALES

Los bosques de *Nothofagus* que incluyen las especies rauli (*Nothofagus alpina*) y roble (*Nothofagus obliqua*), se distribuyen en Chile aproximadamente entre los 34 y 41° de latitud

Sur, ocupando amplias áreas en la Cordillera de los Andes y de la Costa. La especie coigüe (*Nothofagus dombeyi*) se distribuye desde los 35°S hasta la zona austral del país (INFOR, 1996). Estas tres especies tienen características de pioneras, lo que les permite ocupar el estrato superior por su rápido crecimiento inicial en altura. En consecuencia, los bosques de segundo crecimiento están dominados actualmente en su estrato superior por raulí, roble y coigüe. Los árboles de mayor tolerancia a la sombra que pertenecen al mismo tipo forestal, ocupan estratos intermedios y suprimidos de los rodales.

Al comparar renovales y bosques adultos se observa que los primeros son de composición y estructura mucho más simple, presentan menor variabilidad en la cantidad de especies y las clases diamétricas tienden a concentrarse en un rango definido. En general, la regeneración no es abundante, y en el caso del tipo forestal Roble-Rauli-Coigüe, los renovales jóvenes que están en proceso de establecimiento y alta competencia, no tienen regeneración de *Nothofagus*. Presentan además, la etapa de más rápido crecimiento en la formación de un bosque (Donoso, 1993; Donoso *et al.*, 1993).

Los renovales en consideración poseen la capacidad de colonizar rápidamente las áreas descubiertas del bosque, retoñando masivamente en combinación con la regeneración por semilla aportada por algunos individuos remanentes de la generación anterior. La participación de especies tolerantes es escasa y se desarrolla bajo este dosel formando un segundo estrato.

Dinámica de los Bosques de *Nothofagus* de la Zona Centro-Sur de Chile

La composición y distribución de los renovales de *N. alpina* y *N. obliqua* depende fundamentalmente del tipo de suelo, clima, latitud y altitud, así como de la composición original del bosque, tipo y frecuencia de la intervención y de factores del azar (Puente *et al.*, 1979 cit. por Grosse y Quiroz, 1999). Su dinámica de regeneración estaría determinada por perturbaciones naturales de gran escala, como deslizamientos por sismos o caídas masiva por efectos del viento. En ausencia de factores exógenos, tales como terremotos y volcanismos, movimientos de glaciares, viento e incendios y herbivoría, prevalecerían los cambios autogénicos, dando paso a un proceso sucesional que favorecería a las especies tolerantes como tepa, mañío y trevo (Grosse y Quiroz, 1999).

Para los bosques de *Nothofagus* en los Andes valdivianos, Uebelhör (1984) citado por Grosse y Quiroz (1999) propuso un esquema del desarrollo sucesional. Este esquema muestra el desarrollo desde un bosque recién regenerado, pasando por distintas fases de desarrollo con distintas dominancias de las especies según la tolerancia, y con los posibles eventos exógenos que pueden alterar el orden sucesional del rodal.

Diversidad Biológica

La diversidad biológica significa la variabilidad entre organismos vivos de todas las fuentes, incluye la diversidad dentro de las especies, entre especies y de ecosistemas (CBD, 1992). Este concepto es de gran complejidad, principalmente en lo que respecta a su cuantificación, de modo que en la práctica sólo algunos componentes de la biodiversidad pueden ser medidos.

Generalmente, se asume que la presencia de más diversidad es una condición positiva y deseable. Sin embargo, parece pertinente definir diversidad en el contexto del estudio y determinar la forma en que puede ser medida. Es importante considerar que biodiversidad no es sólo riqueza de especies, aun cuando, la mayor parte de las definiciones se enfocan en esto. Al respecto, Roman *et al.* (2001) señala que la biodiversidad debe, necesariamente, implicar la diversidad de hábitat sobre los cuales, individuos pertenecientes a unas especies dependen de sus propios nichos únicos que ocupan dentro del ecosistema. La importancia de la biodiversidad puede entenderse más fácilmente en términos de valores instrumentales, esto es, la utilidad que tienen las especies, ecosistemas y genes debido a la serie de bienes y servicios que proveen. Muchos de estos bienes y servicios tienen impactos económicos directos, pero algunos tales como valores ecológicos, espirituales y estéticos no los tienen. Además muchos conservacionistas también aceptan la idea que las especies y ecosistemas tienen valor intrínseco, independiente de su utilidad (Hunter, 2004).

Analizando la biodiversidad con un enfoque ecosistémico, Crow *et al.* (1994) identificaron un modelo que denominaron diversidad ecológica, el cual interrelaciona tres subgrupos de diversidad: (i) diversidad composicional, (ii) diversidad estructural y (iii) diversidad funcional. La diversidad composicional se refiere a los elementos fundamentales de la diversidad, las especies, así como la genética, y las comunidades y ecosistemas que proveen su contexto. La diversidad estructural se refiere a cómo los elementos de la diversidad se ordenan en relación a cada uno de los otros en el tiempo y el espacio, incluyendo el tamaño, forma y distribución de especies, hábitat y comunidades a través del paisaje y patrones de cambio sucesional. La diversidad funcional está caracterizada por procesos ecológicos, tales como ciclo de nutrientes, descomposición, flujo de energía y reflexiones a nivel trófico.

Cada uno de los tipos y niveles de biodiversidad puede ser expresado a una escala espacial y temporal. A escala espacial, es particularmente relevante el manejo, porque las estrategias que favorecen la diversidad local pueden resultar en una disminución en la diversidad regional (Crow, 1990 cit. por Roberts y Gilliam, 1995). En el caso de la escala temporal, también se pueden evaluar cambios en la biodiversidad. Por ejemplo, la diversidad composicional puede mostrar patrones distintivos durante los diferentes estados serales de la sucesión de acuerdo a cambios en las interacciones competitivas que pueden ser muy complejos (Oliver y Larson, 1990). Para complicar más la materia, un rodal forestal experimentará varios de estos diferentes procesos que afectan la diversidad al mismo tiempo (Roberts y Gilliam, 1995). El tipo de diversidad, nivel de organización biológica y escalas espaciales y temporales debe ser claramente especificado antes de intentar realizar cualquier valoración de la biodiversidad.

La diversidad de los ecosistemas forestales ha concitado gran atención, especialmente en los ecosistemas que son objetos de aprovechamiento. Sin duda, uno de los desafíos que debe enfrentar la gestión forestal es cómo se puede traducir la idea de biodiversidad a nivel de ecosistema en medidas concretas que propicien una mejor ordenación de los ecosistemas forestales (Kapos e Iremonger, 1998; McNeely, 2002).

Los cambios en la diversidad biológica a niveles tróficos individuales tienen una importancia variable y determinan procesos y estados diferentes, a menudo contradictorios en el ecosistema. Sistemas decadentes pueden presentar una alta diversidad de heterótrofos,



mientras que sistemas no decadentes pueden estar limitados a unas pocas especies de productores. Una baja diversidad biológica puede ser signo de vigorosos procesos de crecimiento (ecosistemas jóvenes, fases iniciales de sucesión), es decir, un fenómeno positivo; mientras que una alta diversidad biológica, por ejemplo de microorganismos, puede significar un predominio de procesos de deterioro o una decadencia del sistema, (Rykowski, 2002).

Los estudios realizados en bosques manejados muestran también que la biodiversidad no es exclusiva de los ecosistemas prístinos sino que también es un atributo de bosques intervenidos. En este sentido, las medidas de manejo en los bosques tienen que estar orientadas a evitar la homogenización de los bosques y en lo posible a generar una diversidad de condiciones y hábitat, más que a tener una gran cantidad de especies. Por lo tanto, la conservación de la biodiversidad está ligada más a la conservación de ecosistemas que de especies (Otero, 2004).

MATERIAL Y MÉTODO

El área de estudio se localiza en la comuna de Lanco, Región de Los Ríos, Chile, en la superficie cubierta por renovales del tipo forestal Roble-Raulí-Coigüe. La superficie total de estos renovales en la comuna de Lanco es cercana a las 8.000 ha. La información base proviene del inventario forestal realizado por el proyecto FDI-CORFO "Desarrollo y aplicación de alternativas de manejo para el abastecimiento continuo de bienes y servicios" (INFOR, 2003; 2004) y del Catastro de los Recursos Vegetacionales de Chile (CONAF y CONAMA, 1999).

Se utiliza información proveniente de 219 parcelas evaluadas en el inventario del proyecto FDI-CORFO (INFOR, 2003; 2004), donde se registró gran cantidad de variables ambientales que fueron agrupadas en cinco categorías de acuerdo a su ámbito de medición y alcance para apoyo de medición a la planificación ecológica: variables del entorno, variables de la parcela, variables de árboles individuales, variables de suelo, variables de regeneración, variables de mortalidad. De los principales resultados del inventario se destaca que la media comunal para renovales de Roble-Raulí-Coigüe en volumen bruto en pie se estimó en 232,16 m³ssc/ha. La varianza estimada como una población finita para el volumen bruto corresponde a 147,99 lo que sitúa a la media poblacional en el intervalo $232,16 \pm 23,84$ m³ssc/ha con un 95% de confianza. El error en porcentaje estimado corresponde a 10,2%. En área basal, ésta tiene un valor medio para los renovales de la comuna de 29,48 m²/ha, el valor promedio del número de árboles por hectárea corresponde a 864, el valor promedio del diámetro medio cuadrático (DMC) es de 20,8 cm y la altura promedio general es de 15,7 m.

Análisis y Clasificación de la Información

Se clasificó la zona de estudio de acuerdo a una variable clasificatoria, la cual se determinó evaluando la correlación existente entre aquellas registradas en las parcelas, usando a las que caracterizan el suelo y la producción. En el caso de las unidades de manejo, se consideraron las variables de producción y ubicación geográfica. Además, se incluyó la variable Degradación, que es una descripción del grado de deterioro de la estructura y composición del bosque, para generar un código que pueda ser incorporado como variable categórica en los análisis de correlación. Una vez determinada las variables que tienen correlación, se eligió a las más representativas y no correlacionadas

entre sí, para realizar un análisis de componentes principales. El objetivo de esta selección es reducir la dimensionalidad del problema y determinar las variables principales que permiten interpretar la información, de tal manera que puedan ser utilizadas como variables clasificatorias del terreno. Se escogieron variables de importancia para el análisis de componentes principales, con el objeto de realizar la clasificación de la zona de estudio a través de análisis de cluster con el método K-means.

Se comprobó que la variable clasificatoria discrimina adecuadamente los grupos, realizándose análisis de varianza, ANOVA bajo normalidad de los datos y dóctimas de Kruskal-Wallis para datos sin distribución normal. Para diferenciar exactamente que grupos serán distintos, se utilizó la prueba U de Mann-Whitney que permite la comparación en pares de grupos.

Análisis de Biodiversidad

El análisis de la biodiversidad se hizo a partir de la información recogida en el inventario del proyecto FDI-CORFO (INFOR, 2003; 2004). Se planteó analizarla con un enfoque ecosistémico como el propuesto por Crow *et al.* (1994), considerando un análisis de la biodiversidad composicional y estructural. La biodiversidad composicional se evaluó para las especies del estrato arbóreo y la diversidad estructural para la estructura horizontal y vertical de este mismo estrato. Considerando que el estudio describe un hábitat o comunidad en particular (Renovales de Roble-Rauli-Coigüe) se consideraron índices de biodiversidad alfa, que representen la riqueza de especies y la abundancia proporcional (Cuadro N° 1).

Cuadro N° 1
ÍNDICES DE BIODIVERSIDAD

Índice	Fórmula	Variables
Índice de Riqueza específica (S)	Riqueza = S	S número de especies N número total de individuos
Índice de Margaleff	$Margaleff = \frac{S - 1}{\ln N}$	
Índice de Menhinick	$Menhinick = \frac{S}{\sqrt{N}}$	
Índice de Berger - Parker	$Berger \quad Parker = \frac{N_{max}}{N}$	N_{max} número de individuos en la especie más abundante
Índice de Shannon-Wiener (H)	$H' = - \sum_{i=1}^S P_i \ln(P_i)$	H' índice de Shannon de la unidad muestral "j" P_i abundancia relativa de una especie en la unidad muestral $i = n_i/N$ N_s número de especies presentes n_s número de individuos de la especie "s" N número total de individuos
Índice de estructura horizontal (eh)	$eh = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (d_i - \bar{d})^2}{n - 1}}$	n: número total de árboles en la parcela d_i : diámetro de cada árbol en la parcela \bar{d} diámetro medio de la parcela

<p>Índice de estructura vertical de Shannon</p>	$A = - \sum_{i=1}^S \sum_{j=1}^B \left[p_{ij} \cdot \ln p_{ij} \right] \quad \text{si } p_{ij} > 0$ <p style="text-align: center;">en caso contrario</p> $p_{ij} = \frac{n_{ij}}{N}$ $A_{rel} = \frac{A}{A_{max}} = \frac{A}{\ln(S * B)}$	<p>S número de especies B número de capas = 3 Capa 1: 100 – 80 % altura máxima Capa 2: 80 – 50 % altura máxima Capa 3: 50 – 0 % altura máxima n_{ij} número de árboles de la especie i en la capa j N número total de árboles en la parcela A_{rel} índice relativo de estructura vertical, permite establecer comparaciones entre parcelas</p>
---	---	---

Vectores para Valoración de Biodiversidad

Para establecer una valoración de las parcelas en cuanto a su biodiversidad y producción se estableció un vector de valoración que incluya estos componentes. En el caso de la biodiversidad de especies, existen varios índices calculados, por lo que se procedió a seleccionar los más representativos para que formen parte del vector de valoración. Para esto, se realizó un análisis de correlación entre los índices de biodiversidad. Con la información de biodiversidad y de producción de cada una de las parcelas, se construyó un vector el cual esta compuesto de al menos los siguientes elementos: biodiversidad de especies, biodiversidad estructural horizontal, biodiversidad estructura vertical y producción. Cada parcela esta representada con un vector. Las parcelas fueron ordenadas según distintos métodos: método de valores estandarizados, método de las precedencias y método de distancia al punto ideal (Cuadro N° 2).

Cuadro N° 2
MÉTODOS DE "RANKING"

Método	Fórmulas	Variables
Método de los valores estandarizados	$I_{est}^* = \frac{(I_i^* - I_{min}^*)}{(I_{max}^* - I_{min}^*)} \quad I I^* = \sum_{i=1}^n I_{est}^*$	<p>V_{est} valor i estandarizado V valor de la alternativa i en objetivo j V_{min} valor mínimo para el objetivo j V_{max} valor máximo para el objetivo j VV valor del vector</p>
Método de las precedencias	$N_1 = \prod_{i=1}^n n_j \quad N_2 = \prod_{i=1}^n (m+1 - n_j)$	<p>n número de orden que toma el valor del objetivo j m el valor máximo (en número de orden) de cualquier objetivo j. n número de objetivos (en este caso 5)</p>
Método de distancia al punto ideal	$I_i = \sqrt{\frac{A_i}{A_i + B_i}} \quad A_i = \sum_{j=1}^n \left(\frac{r_{ij} - r_{ic}}{S_j} \right)^2 \quad B_i = \sum_{j=1}^n r_{ij}$	<p>r_{ij} valor de orden tomado por la alternativa i en el objetivo j r_{ic} valor tomado por el estándar del j objetivo S desviación estándar del j objetivo</p>

El método de valores estandarizados primero estandariza los valores que toman cada una de las alternativas de cada j objetivo. El valor del vector es igual a la sumatoria de los

valores estandarizados, a mayor valor mejor posición en el "ranking". En el método de las precedencias se establece primero un orden de los datos para cada j objetivo. Los cálculos se realizarán con el número de orden y en caso de existir empates en una posición, se calcula un orden medio entre todos los valores empatados. Valores más pequeños de N_j indican que el valor precede a pocos valores potenciales. Valores más altos para N_j indican que es precedido por un alto número de valores potenciales. En el método de distancia al punto ideal se establecen dos distancias, una para el punto de menos fragilidad (mejor punto) y una para el punto de fragilidad más grande (peor punto). El primer paso del procedimiento consiste en ordenar el grado al cual los diferentes objetivos son alcanzados. El procedimiento es el mismo para el cálculo de la distancia al mejor punto y al peor punto; la diferencia está en el valor que toma el estándar, en el primer caso el mejor valor del objetivo j y en el segundo caso el peor valor del objetivo j (Martínez-Falero *et al.*, 1995).

RESULTADOS Y DISCUSION

Análisis y Clasificación de la Información

Los grados de correlación son bajos, excepto para las variables área basal y volumen (Coeficiente de Pearson = 0,838), que están muy relacionadas pues la forma de cálculo del volumen considera a la variable área basal. Por lo tanto, es posible utilizar sólo a una de ellas para clasificaciones posteriores. También en el caso de las variables de las unidades de manejo se destaca la correlación entre las variables altitud y pendiente (Coeficiente de Pearson = 0,403), que permite discriminar entre una de las dos variables para análisis posteriores. Se destaca el grado de asociación entre altitud y número de árboles por hectárea (Coef. Pearson = 0,416), indicando que a mayor altitud es posible encontrar más árboles por unidad de superficie, lo que puede ser atribuido a que, a mayor altitud existe más dificultad de acceso, lo que limita la posibilidad de intervenciones antrópicas que disminuyen la densidad.

Los resultados del análisis de componentes principales (Cuadro N° 3), muestran que las variables explicatorias más importantes se relacionan con un componente físico representado por altitud y pendiente, un componente de productividad del bosque (volumen y área basal), y un componente físico y estructural (vulnerabilidad: índice en función de características físicas del sitio; cobertura: densidad de copas). Con estos componentes se logra explicar un 68 % de la variabilidad de los datos originales.

Cuadro N° 3
VARIANZA TOTAL EXPLICADA

Componente	Valores propios iniciales			Variables	Componente		
	Total	% de Varianza	%Acumulado de la varianza		1	2	3
1	1,895	27,068	27,068	Altitud	0,292	0,802	2,321E-02
2	1,726	24,659	51,727	Área Basal	0,942	-0,230	-0,141
3	1,143	16,333	68,060	Volumen	0,852	-0,403	9,039E-02
4	0,887	12,666	80,726	Cobertura	5,571E-02	-0,261	0,641
5	0,819	11,703	92,429	Pendiente	0,134	0,660	0,368
6	0,468	6,679	99,108	N/ha	0,387	0,575	-0,366
7	6,245E-02	0,892	100,000	Vulnerabilidad	0,160	0,182	0,660

La información del análisis de componentes principales indica que uno de los componentes importantes que explica la variabilidad de los datos es el componente físico representado por la altitud y la pendiente del terreno. Debido a la correlación de estas dos variables, se eligió a la altitud como variable clasificatoria de unidades homogéneas del terreno en estudio. En el sitio analizado la altitud varía entre los 71 y 799 metros sobre el nivel del mar (msnm). Con esta información se consideró una primera clasificación en 5 grupos de altitud, cuyos resultados se muestran en el Cuadro N° 4.

Cuadro N° 4
CENTRO DE CLUSTER FINAL PARA 5 CLASES DE ALTITUD

Cluster	1	2	3	4	5	Total
Altitud (msnm)	138,3258	209,8858	302,1603	426,2367	643,8727	
Nº casos	249	230	157	76	20	732

Los análisis de varianza se realizaron para las variables número de árboles por hectárea, área basal y volumen, y en todos ellos las diferencias entre grupos sólo se manifestaron al existir 3 clases de altitud y no 5; sin embargo, desde el punto de vista ecológico agrupar en tres categorías de altitud puede ser una clasificación demasiado amplia y es posible perder detalles en el análisis de la información. Además la altitud tiene un rango muy amplio y desequilibrado de valores, existiendo pocos sitios con altitudes cercanas al límite superior, esto se refleja en las pocas unidades que participan en la clase de altitud mayor. Al ser un número pequeño de unidades, resultan estadísticamente poco influyentes, pero desde el punto de vista ecológico, tener por separado las altitudes mayores en un solo grupo es más apropiado. De esta forma las cinco unidades homogéneas de paisaje se resumen en el Cuadro N° 5.

Cuadro N° 5
CARACTERIZACIÓN DE UNIDADES DE ANÁLISIS DE PAISAJE

Clase altitud	Superficie	Altitud (m)	Árboles/ha (Nº)	Área basal (m ² /ha)	Edad (años)	Volumen (m ³ /ha)	H dom (m)
1	1.656	138	679,26	30,67	41	249,8	23,54
2	2.211	210	953,47	26,75	35	173,5	20,87
3	1.845	302	1.011,21	27,06	34	193,7	20,66
4	971	426	1.076,82	32,37	37	252,3	21,84
5	206	644	767,90	29,82	40	239,7	22,89
Total	6.889						

Existe una gran cantidad de información que describe el recurso en el área de estudio y aunque se le clasifica como un solo tipo vegetacional, renovales de Roble-Rauli-Coigüe, es posible dividirlo en diferentes clases o subtipos con el análisis estadístico de la información. En este sentido la altitud actúa como una buena variable clasificatoria. Aun cuando los análisis de varianza y análisis de independencia de grupos para las variables productivas del bosque (Nº de árboles/ha, área basal y volumen) muestran que las diferencias entre grupos de altitud se generan con una clasificación en tres grupos, se ha optado por mantener la clasificación de la altitud en 5 clases.

Análisis de Biodiversidad

Riqueza de Especies

La riqueza específica de las parcelas se presenta resumida en categorías en la Figura N° 1, donde los valores más frecuentes presentes en las parcelas se encuentran entre 1 y 4

especies. La más abundante es el roble (*Nothofagus obliqua*), seguida en importancia por el avellano (*Gevuina avellana*), radial (*Lomatia hirsuta*) y lingue (*Persea lingue*). Los índices de Margaleff y Menhinick son muy sensibles al tamaño de la muestra y con sesgo hacia la riqueza, pues son medidas del número de especies de una unidad de muestreo definida, por lo cual los resultados son función de la riqueza muestral.

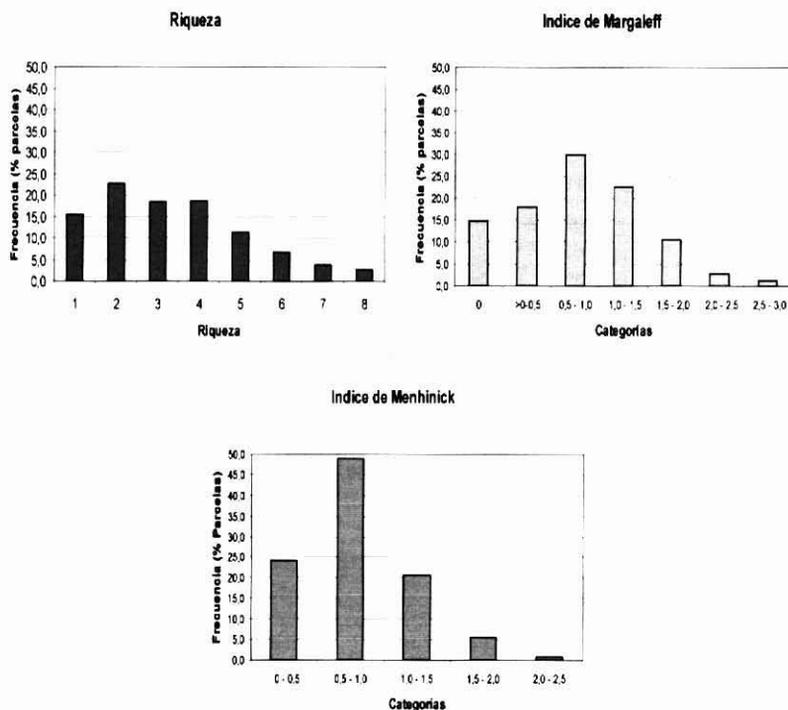


Figura N° 1
CATEGORÍAS DE ÍNDICE DE RIQUEZA, MARGALEFF Y MENHINICK DE ESPECIES ARBÓREAS

Abundancia Proporcional

Los valores del índice de Berger-Parker indican el grado de dominancia de una especie. A mayor valor del índice, mayor dominancia o menor diversidad. El valor máximo posible es 1. La Figura N° 2 muestra que existe una cantidad importante de parcelas con una valor igual a 1, lo que indica la presencia de una sola especie, y por tanto su dominancia; esta especie es *Nothofagus obliqua*. El índice de Shannon-Wiener relaciona la riqueza de especies y la abundancia de sus poblaciones referidas al total de la muestra como una estimación del total global, valor que es imposible de determinar. Al existir una sola especie, este índice entrega un valor de diversidad igual a 0, situación representada en casi un 15% de las parcelas (las mismas parcelas con índice Berger-Parker =1).

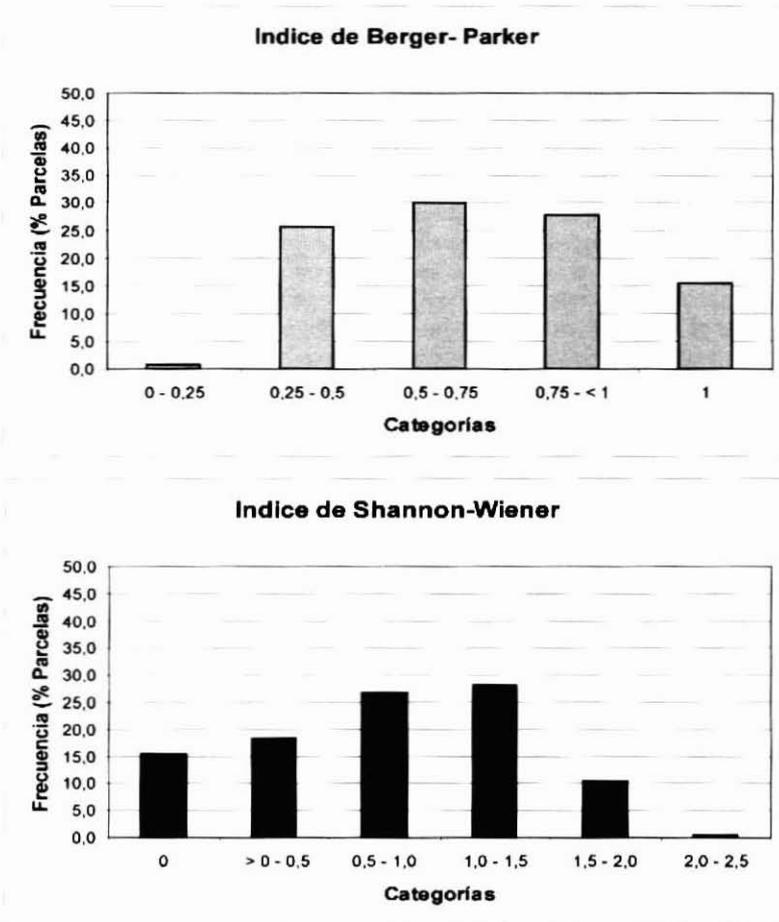


Figura N° 2

CATEGORÍAS DE ÍNDICE DE BERGER-PARKER Y SHANNON-WIENER DE ESPECIES ARBÓREAS**Estructura Horizontal**

La desviación típica indica cuánto se desvían los valores del DAP respecto a su media. En términos del análisis de diversidad, a mayor desviación típica, mayor diversidad. En este caso más del 50% de las parcelas se encuentran entre 6 y 15 cm de desviación típica (Figura N° 3). Estos valores encuentran su explicación en la estructura coetánea que tiene este tipo de bosques, los que han crecido en fuerte competencia, y que se concentran en rango de clases diamétricas de poca amplitud. Son pocas las parcelas que presentan valores altos de desviación típica y estos valores se deben a la presencia de árboles con DAP muy superiores al promedio.

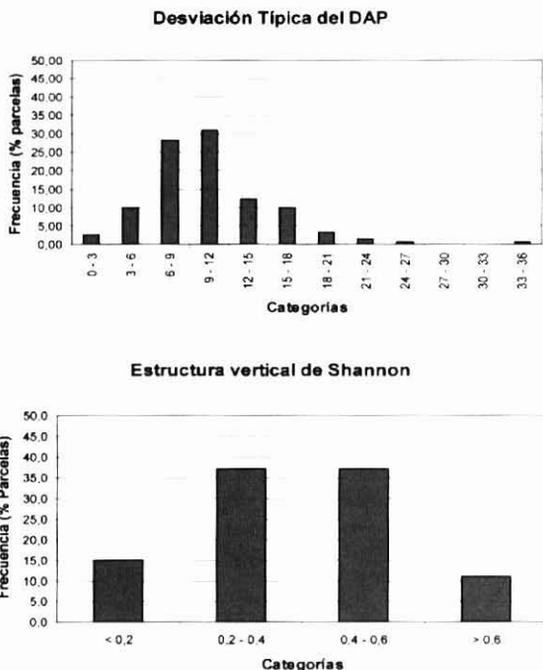


Figura N° 3
CATEGORÍAS DE DESVIACIÓN TÍPICA DEL DAP E ÍNDICE RELATIVO DE ESTRUCTURA VERTICAL DE SHANNON

Estratificación Vertical Arbórea

Para determinar los índices de estructura vertical de Shannon, se estimó la altura de todos los árboles de la parcela con una función de altura. En la Figura N° 3 se observan los rangos de valores del índice de estructura vertical. Este índice entrega valores más altos al tener una mayor cantidad de especies representadas en las tres clases de altura. Las parcelas que presentan los valores más altos, son aquellas que tienen un mayor número de especies, y que tienen distribuciones diamétricas amplias, que finalmente dan una mayor variación a las alturas, debido a la conocida relación entre H y DAP.

La caracterización de la biodiversidad actual de los renovales de Roble-Rauli-Coigüe refleja las características de crecimiento y estado sucesional de estos bosques, y coincide con la descripción general del recurso realizada por Grosse y Quiroz (1999), quienes afirman que se trata de bosques dominados por especies *Nothofagus*, en este caso *Nothofagus obliqua*, que tuvieron la capacidad de colonizar rápidamente áreas destruidas, donde la participación de especies tolerantes es escasa y se produce bajo el dosel, formando un segundo estrato.

Los indicadores de biodiversidad indican que no existe gran abundancia ni riqueza de

especies, lo que no significa que sea un ecosistema poco diverso. El análisis debe considerar la composición característica de este tipo de bosques, donde la especie dominante es roble, que es intolerante y que aparece acompañada en algunos casos por *Persea lingue* (lingue), especie de tolerancia media. Las especies restantes son tolerantes y constituyen acompañantes típicos en este tipo de bosques, destacándose entre ellas *Gevuina avellana* (avellano), *Luma apiculata* (arrayán) y *Aextoxicon punctatum* (olivillo).

Rycowski (2002) señala que una baja diversidad biológica puede ser signo de vigorosos procesos de crecimiento, tales como ecosistemas jóvenes o fases iniciales de sucesión, situación que se presentaría en los renovales en estudio. El análisis de la diversidad estructural, tanto horizontal como vertical, muestra un recurso con un comportamiento relativamente homogéneo, sin grandes valores que escapen a la media. Sin embargo, si se analiza sólo las parcelas que presentan valores extremos, éstas se caracterizan por presentar distribuciones diamétricas que tienen algunos árboles con DAP muy grandes y que podrían ser representantes de bosques antiguos, pues como lo señala la literatura, en situaciones de renovales es posible encontrar representantes de bosque remanentes de roble o coigüe o laurel, lingue, ulmo y olivillo (Veblen *et al.*, 1978 citado por Grosse y Quiroz, 1999; Donoso, 1993). Estos casos deben ser vistos como oportunidades en las opciones de manejo para aumentar la biodiversidad.

Vectores de Valoración de Biodiversidad

Todos los métodos utilizados para la confección de "rankings" de biodiversidad (Cuadro N° 2) clasificaron en los dos primeros lugares a las mismas parcelas (1903 y 1262). Posteriormente en tercera posición la parcela 1212 fue clasificada por el método de las precedencias y el de distancia al punto ideal y distancia al peor punto.

El vector de valoración de biodiversidad se ve favorecido con valores altos de diversidad, lo que se obtiene con un mayor número de especies, que se encontrarían en las categorías 2, 3 y 4 del estado sucesional, mientras que las parcelas con rodales puros de *Nothofagus* (1), se presentan en posiciones inferiores. La parcela de esta categoría que se encuentra mejor "rankeada" se ubica en el puesto 11 y corresponde a la parcela 1391. Esta, aunque se clasifica como un rodal puro de *Nothofagus* (más del 75% de área basal corresponde a este género), también incluye otras especies acompañantes que permiten que obtenga valores medios de diversidad, un volumen de 442 m³/ha, una diversidad estructural horizontal de 15,7 cm y un valor de índice de estructura vertical de 0,58. Las parcelas que se encuentran en posiciones inferiores corresponden en su mayoría a la categoría de rodales puros de *Nothofagus* y presentan un bajo número de especies, en muchos casos solo una especie, con poca variabilidad en la estructura del bosque.

Es posible establecer un vector de valoración de biodiversidad y producción, sin embargo los resultados difieren según el método de ordenación escogido, aún así los primeros lugares son coincidentes, y la tendencia general es similar en todos los métodos (Cuadros N° 6 y 7). Ante la variedad de resultados de diversidad de las parcelas, el vector de valoración es una buena opción para unificar criterios y lograr una valoración objetiva.

Cuadro N° 6
“RANKING” DE MÉTODO DE VALORES ESTANDARIZADOS, MÉTODO DE LAS PRECEDENCIAS, DISTANCIA A PUNTO IDEAL Y DISTANCIA A PEOR PUNTO. 10 PRIMEROS PUESTOS SEGÚN MÉTODO DE PRECEDENCIAS

Parcela	Valores estandarizados	Precedencia	Distancia a mejor punto	Distancia a peor punto	Clasificación
1903	1	1	1	1	4
1262	2	2	2	2	3
1212	7	3	3	3	2
783	8	4	5	7	2
913	3	5	11	6	4
781	11	6	4	9	2
752	6	7	8	8	2
942	14	8	6	12	2
1261	4	9	16	5	3
2242	15	10	9	13	3

Cuadro N° 7
ÍNDICES DE BIODIVERSIDAD EN LAS PARCELAS QUE OCUPAN LOS 10 PRIMEROS PUESTOS SEGÚN MÉTODO DE PRECEDENCIAS

Parcela	Riqueza	Margaleff	Menhinick	Berger-Parker	Shannon	Desviación típica DAP	Estructura vertical	Estructura vertical relativa
1903	8	2,34	1,79	0,30	1,88	34,63	2,28	0,67
1262	7	1,97	1,53	0,38	1,72	23,36	2,20	0,65
1212	6	1,36	0,96	0,38	1,40	18,14	1,99	0,58
783	5	1,31	1,09	0,48	1,30	16,20	2,04	0,60
913	8	2,02	1,41	0,50	1,59	11,41	2,38	0,70
781	5	1,36	1,15	0,32	1,46	15,65	1,98	0,58
752	7	1,65	1,14	0,45	1,46	11,48	2,13	0,63
942	5	1,24	1,00	0,40	1,39	15,99	1,90	0,56
1261	8	2,52	2,00	0,38	1,84	14,01	2,27	0,67
2242	6	1,44	1,06	0,44	1,37	12,58	2,21	0,65

CONCLUSIONES

La altitud es una variable clasificatoria adecuada. Los análisis de varianza y de independencia de grupos para las variables productivas del bosque (Nº de árboles/ha, área basal y volumen) muestran que las diferencias más significativas entre grupos de altitud se producen con una clasificación en tres niveles. Sin embargo, mantener una mayor cantidad de niveles permite captar la variabilidad ecológica necesaria para otros análisis.

Los valores de los índices de diversidad composicional y estructural muestran un recurso relativamente homogéneo, que coincide con su estado de desarrollo. La diversidad composicional muestra que el número de especies se concentra en valores de riqueza específica

que fluctúan entre 1 y 4. A pesar de la homogeneidad aparente en los valores de índices de biodiversidad, las especies tolerantes que acompañan a roble se distribuyen heterogéneamente en el territorio.

La diversidad estructural horizontal y vertical es relativamente homogénea, concentrándose en ciertos valores que también son característicos de bosques jóvenes. Las estructuras que muestran mayor diversidad, se deben a la presencia de árboles de bosques adultos antiguos, que generan un efecto de mayor amplitud diamétrica.

Es posible establecer un vector de valoración de biodiversidad y producción, sin embargo, los resultados difieren según el método de ordenamiento ("*ranking*") escogido: los primeros lugares son coincidentes, y la tendencia general es similar en todos los métodos. Un vector de valoración se presenta como una opción adecuada para unificar criterios y lograr una valoración objetiva.

El resultado final de la valoración con un vector que incluye componentes de biodiversidad y producción muestra en los primeros lugares a parcelas con mayor cantidad de especies, altos valores de diversidad estructural vertical y horizontal y volúmenes también altos.

El cálculo de un vector de valoración que incluye varios componentes de biodiversidad y producción permite tener una posibilidad de establecer metas de gestión en el recurso. De esta manera, es posible determinar objetivos de manejo para mantener altos valores de biodiversidad, aspirando a las condiciones de los vectores mejor "*rankeados*" y por otra parte, conocer las situaciones que son menos deseables en términos de la conservación de la biodiversidad forestal.

REFERENCIAS

- CBD (Convention on Biological Diversity). 1992.** Texto del Convenio sobre la Biodiversidad biológica. P: 226 – 247. Naciones Unidas. En: <http://www.biodiv.org/doc/legal/cbd-un-es.pdf>
- CONAF-CONAMA. 1999.** Catastro y evaluación de recursos vegetacionales nativos de Chile: Informe Nacional con variables ambientales. Proyecto CONAF/CONAMA/BIRF. 89 p.
- Crow, T.; Haney, A. y Waller, D. 1994.** Report on the scientific roundtable on biological diversity convened by the Chequamegon and Nicolet National Forests. General Technical Report NC-166. USDA Forest Service. North Central Forest Experiment Station, Saint Paul, Minnesota, USA. 55 p.
- Donoso, C. 1993.** Bosques templados de Chile y Argentina. Variación, estructura y dinámica. Editorial Universitaria, Santiago, Chile. 479 p.
- Donoso, P.; Donoso, C. y Sandoval, V. 1993.** Caracterización y crecimiento de renovales de roble y raulí en su distribución latitudinal en Chile. *Bosque* 14(2):35–56.
- Grosse H. y Quiroz, I. 1999.** Silvicultura de los bosques de segundo crecimiento de roble, raulí y coigüe en la región centro-sur de Chile. En: Lara, A. y Donoso, C. (editores). Silvicultura de los Bosques Nativos de Chile. Pp: 95–128.

- Hunter, M. 2004.** Biological diversity. In: Hunter, M (Ed.). *Maintaining biodiversity in Forest Ecosystems*. Pp: 3-21.
- INFOR. 1996.** Actualización bosque nativo VIII a X Región, extracto de resultados del Informe Final. Santiago, Chile. CORFO – INFOR. 20 p.
- INFOR. 2003.** Desarrollo y aplicación de alternativas de manejo para el abastecimiento continuo de bienes y servicios en la Comuna de Lanco. Proyecto FDI-CORFO. 57 p.
- INFOR. 2004.** Caracterización productiva de los recursos forestales nativos de las Regiones IX y X. Informe Final. Proyecto FDI-CORFO.
- Kapos, V. and Iremonger, S. 1998.** Achieving global and regional perspectives on forest biodiversity and conservation. In: Bachmann, P.; Köhl, M. and Päivinen, R. (Ed.). *Assesment of biodiversity for Improved Forest Planning*. Kluwer Academic Publishers. Pp: 3-13.
- Martínez-Falero, E.; Cazorla, A. and Solana, J. 1995.** Scaling Methods. In: Martínez-Falero, E. y González-Alonso, S. (Ed.). *Quantitative techniques in landscape planning*. 274 p.
- McNeely, J.A. 2002.** La biodiversidad forestal a nivel de ecosistema: ¿cuál es el lugar de la población? *Unasylya*. 209(53):10-15.
- Oliver, C. and Larson, B. 1990.** *Forest stands dynamics*. McGraw-Hill, New York, USA. 467 p.
- Otero, L. 2004.** Conservación de la biodiversidad y bosques. En: Simposio Internacional IUFRO. Rauli, riqueza de los bosques templados: silvicultura, genética e industria. Valdivia, Chile. 9 p.
- Roberts, M. and Gilliam, F. 1995.** Patterns and mechanisms of plant diversity in forested ecosystems: Implications for forest management. *Ecological applications*. 5 (4): 969 – 977.
- Roman, G.; Emerson, L. and Faiweather, K. 2001.** Forest fragmentation and biodiversity conservation: Cause study of Costa Rica and Vancouver Island. *ENVR* 400. 122 p.
- Rykowski, K. 2002.** La conservación de la diversidad biológica como elemento de la gestión forestal sostenible: normas y práctica en Polonia. *Unasylya* 209(53):16-24.

DIAGNÓSTICO DE PLAGAS Y ENFERMEDADES FORESTALES EN COSTA RICA.

Marcela Arguedas. Instituto Tecnológico de Costa Rica.
marguedas@itcr.ac.cr

RESUMEN

Costa Rica es un país tropical ubicado en América Central de 51.900 Km². Debido a la deforestación que ha sufrido durante las últimas décadas, se ha promovido el establecimiento de plantaciones forestales, para garantizar el abastecimiento de madera para el consumo nacional. Hasta el 2005, se informaban 130.000 ha reforestadas, principalmente con especies como *Gmelina arborea*, *Tectona grandis*, *Cordia alliodora*, *Cupressus lusitanica*, *Alnus acuminata*, *Acacia mangium*, *Vochysia sp.* y otras. En dichas plantaciones se han presentado problemas fitosanitarios de importancia económica. Desde 1984, a través del Laboratorio de Protección Forestal del Instituto Tecnológico de Costa Rica, se realiza el diagnóstico nacional de plagas y enfermedades forestales en Costa Rica. Se informa de un total de 486 especies de insectos (75%), 131 de patógenos (20%), 25 de animales vertebrados (4%) y 9 de muérdagos (1%) en 109 especies arbóreas. Los informes se clasifican de acuerdo a la parte del árbol afectada; en el follaje se presentan la mayor parte de dichos informes (52,8 %), seguido del fuste (16,4%). Se describen los principales problemas en estructuras reproductivas, follaje, brotes, fuste, ramillas y raíces, como *Hyblaea puer*a y varias especies de crisomélidos en *Tectona grandis*, *Dictyla monotropidia* en *Cordia alliodora*, "royas" de follaje y ramillas (*Puccinia cordiae*, *Melampsorium alni*, *Olivea tectonae*, *Prospodium sp.* y *Gymnosporangium sp.*), barrenadores de brotes (*Hypsipyla grandella* y *Cosmopteryx sp.*), el "descortezador" *Scolytodes alni* en *Alnus acuminata*, barrenadores (varias especies de cerambícidos) y canchros (*Chrysosporite cubensis*, *Botryosphaeria sp.*, *Nectria sp.*, *Seiridium sp.*) en el fuste y pudriciones radicales.

Palabras claves: Fitosanidad, plagas y enfermedades forestales



FORESTRY PESTS AND DISEASES DIAGNOSIS IN COSTA RICA

SUMMARY

Costa Rica is a 51,900 Km² tropical country located in Central America. Owing to the deforestation suffered during past decades, the development of forest plantations has been promoted in order to guarantee the supply of timber for national consumption. It has been reported that 130,000 ha had been reforested up to the year 2005, mainly with species such as *Gmelina arborea*, *Tectona grandis*, *Cordia alliodora*, *Cupressus lusitanica*, *Alnus acuminata*, *Acacia mangium*, *Vochysia sp.* and others. These plantations have been found to exhibit economically significant phytosanitary problems. Since 1984, the Forest Protection Laboratory of the Costa Rica Institute of Technology has been performing a national diagnosis of forest pests and diseases in Costa Rica. A total of 486 insect species (75%), 131 pathogens (20%), 25 vertebrate animals (4%) and 9 mistletoe species have been reported in 109 tree species. The reports are classified according to the part of the tree affected, mainly in the foliage (52.8%), followed by the stem (16.4%). The main problems described, such as *Hyblaea puera* and various Chrysomelid species in *Tectona grandis*, *Dictyla monotropidia* in *Cordia alliodora*, "rust" on foliage and stems (*Puccinia cordiae*, *Melampsorium alni*, *Olivea tectonae*, *Prospodium sp.* and *Gymnosporangium sp.*), shoot borers (*Hypsipyla grandella* y *Cosmopteryx sp.*), the "bark beetle" *Scolytodes alni* in *Alnus acuminata*, borers (various *Cerambycidae* species) and cankers (*Chrysosporite cubensis*, *Botryosphaeria sp.*, *Nectria sp.*, *Seiridium sp.*) on the stem and root rot, are found in the reproductive structures, the foliage, the buds, the stem and the roots.

Key words: Phytosanitary, forestry pest and diseases

INTRODUCCION

Costa Rica es un país tropical ubicado en América Central de 51.900 Km². Debido a la deforestación que ha sufrido durante las últimas décadas, se ha promovido el establecimiento de plantaciones forestales, para garantizar el abastecimiento de madera para el consumo nacional. Hasta el 2005, se informaban 130.000 ha reforestadas, principalmente con especies como *Gmelina arborea*, *Tectona grandis*, *Cordia alliodora*, *Cupressus lusitanica*, *Alnus acuminata*, *Acacia mangium*, *Vochysia sp.* y otras. En dichas plantaciones se han presentado problemas fitosanitarios de importancia económica, exponiéndose a continuación el diagnóstico hasta el año 2005 y una descripción de los problemas fitosanitarios de mayor impacto durante los últimos diez años.

DIAGNOSTICO

Desde 1984, a través del Laboratorio de Protección Forestal del Instituto Tecnológico de Costa Rica, se realiza el diagnóstico nacional de plagas y enfermedades forestales en Costa Rica. Se informa de un total de 486 especies de insectos (75%), 131 de patógenos (20%), 25 de animales vertebrados (4%) y 9 de muérdagos (1%) en 109 especies arbóreas. Los informes se clasifican de acuerdo a la parte del árbol afectada; en el follaje se presentan la mayor parte de dichos informes (52.8%), seguido del fuste (16.4%) (Cuadro N° 1).

Cuadro N° 1
ESPECIES CAUSANTES DE PROBLEMAS FITOSANITARIOS EN COSTA RICA
SEGÚN TIPO DE AGENTE CAUSAL Y PARTE DEL HOSPEDERO AFECTADA (1984-2005).

Parte Afectada	Especies	
	(n)	(%)
Insectos		
Estructuras reproductivas	54	11,1
Plántulas	6	1,2
Brotos	13	2,7
Follaje	295	60,6
Ramas	49	10,1
Fuste	68	14,0
Raíces	2	0,4
Total	487	100,0
PATÓGENOS		
Estructuras reproductivas	13	9,9
Plántulas	8	6,1
Brotos	6	4,6
Follaje	48	36,6
Ramas	11	8,4
Fuste	30	22,9
Raíces	15	11,5
Total	131	100
ANIMALES VERTEBRADOS		
Estructuras reproductivas	2	8,0
Plántulas	13	52,0
Brotos	1	4,0
Follaje	1	4,0
Fuste	6	24,0
Raíces	2	8,0
Total	25	100,0
MUÉRDAGOS		
Ramas	6	66,7
Fuste	3	33,3
Total	9	100,0

PRINCIPALES PLAGAS

Brotos

El "Barrenador de los brotes de las meleáceas" (*Hypsipyla grandella*) (*Pyralidae*, *Lepidoptera*) continúa siendo la principal limitación para el establecimiento de plantaciones extensivas de especies de la familia *Meleaceae*.

Los brotes de *Vochysia guatemalensis* son minados durante los periodos de sequía por larvas de *Cosmopteryx* sp. (*Cosmopterigidae*, *Lepidoptera*), éstas miden 3,9 mm de largo y son de color amarillo claro. Los brotes dañados presentan exudaciones gomosas y translúcidas, con aserrín y excrementos, posteriormente se produce bifurcación (Figura N° 1).



A



B

Figura N° 1

**DAÑOS CAUSADOS POR *Cosmopteryx* sp. EN *Vochysia guatemalensis*
 SECRECIONES TRANSLÚCIDAS EN BROTE ATACADO (A)
 DEFORMACIÓN DE FUSTE, LUEGO DE SELECCIONAR EL REBROTE DOMINANTE (B).**

El hongo *Calonectria* sp. daña los brotes de plántulas de *Eucalyptus deglupta* en viveros y de *Virola koschnyi* en plantaciones jóvenes, mientras que *Phomopsis* sp. afecta los brotes de árboles jóvenes de *A. acuminata* y *T. grandis* (Macías et al., 2002).

Follaje

Las hormigas desfoliadoras continúan siendo uno de los grupos que mayores daños causan en plantaciones recién establecidas; están representadas por *Atta sexdens*, *A. cephalotes*, *A. colombica* y *Acromyrmex octospinosus* (Formycidae, Hymenoptera).

En *T. grandis* se informa de ataques continuos, pero leves, de *Rabdopterus* sp. y *Walterianella* sp. (*Chrysomelidae*, *Coleoptera*) (Figura N° 2), así como brotes del "esqueletizador de la teca" *Hyblaea puera* (*Hyblaeidae*, *Lepidoptera*) (Arguedas et al., 2004).

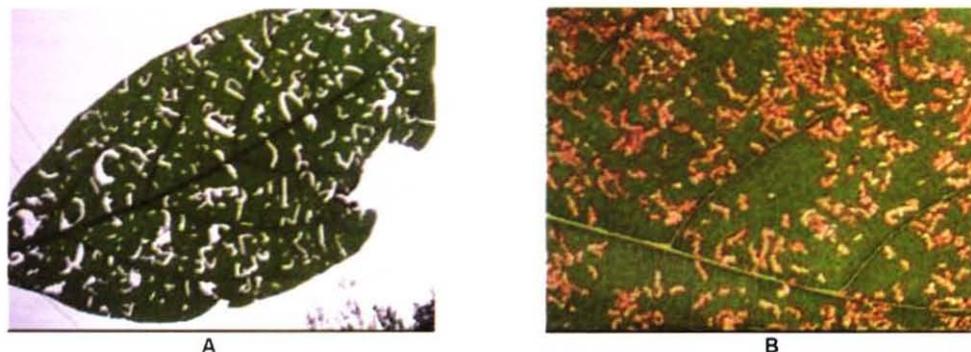


Figura N° 2
 DAÑOS PRODUCIDOS POR CRISMÉLIDOS AL FOLLAJE DE *Tectona grandis*
Rabdopterus sp. (A). *Waltherianella* sp. (B).

Grandes larvas de satúrnidos producen severas defoliaciones en forma esporádica; por ejemplo, *Arsenura armida* en *Bombacopsis quinatum*, *Automeris* sp. y *Rothchildia lebeau* en *Hieronyma alchorneoides* y *Eacles imperialis decoris* en *G. arborea*. Se han informado brotes causantes de defoliaciones totales en *V. guatemalensis* por larvas de *Heterocampa* sp. y *Caviria* sp., del orden Lepidoptera y las familias *Nodontodidae* y *Lymantridae*, respectivamente (Macías *et al.*, 2004) (Figura N° 3).



Figura N° 3
Caviria sp. EN *Vochysia guatemalensis*. RODAL DEFOLIADO, TURRIALBA, COSTA RICA. (A).
 LARVA (B).

Las manchas son los síntomas más comunes de las enfermedades de follaje. Las más representativas son *Pseudoepicocus tectonae* en *T. grandis*, *Cercospora rangita* en *G. arborea*, *Cylindrocladium* sp. en *Swietenia macrophylla* y *Eucalyptus* sp., *Phyllachora balansae* en *Cedrela odorata* y *C. tonduzii* y *Oidium* sp. en *Acacia mangium* y *Eucalyptus* sp. Algunas royas (Uredinales) afectan el follaje, produciendo en general manchas dispersas en la lámina foliar;

como *Puccinia cordiae* en *C. alliodora* (Arguedas y Chaverri, 1997), *Cystingophora hieronymum* en *Hieronyma alchomeoides*, *Melampsorium alni* en *Alnus acuminata* y *Olivea tectonae* en *T. grandis*.

Durante los años 2003 y 2004, se realizan varias giras de inspección en plantaciones de *T. grandis* en las regiones Central y Sur de Panamá y en las regiones Atlántica, Huetar Norte y Pacífico Central de Costa Rica y se confirma la presencia de *O. tectonae* en las regiones visitadas. Este afecta el follaje de plántulas en el vivero hasta árboles adultos, en estos últimos, las hojas afectadas son las más viejas, especialmente las de las partes bajas. Estas hojas presentan inicialmente áreas cloróticas de borde difuso en el haz, en el envés lo que se observa es la coloración naranja de las grandes acumulaciones de esporas, posteriormente, las áreas cloróticas se necrosan en forma generalizada y las hojas severamente afectadas pueden caer (Figura N° 4) (Arguedas, 2004b).



A



B

Figura N° 4

SINTOMATOLOGÍA DE *Olivea tectonae* EN *Tectona grandis*. PLÁNTULAS (A). ÁRBOLES ADULTOS (B).

Ramas

En las ramas, el principal problema es producido por la roya *Gymnosporangium* sp. en *C. lusitanica*. La enfermedad causa agallas hipertroficadas en las ramillas y consecuentemente, marchitez ascendente del follaje y muerte del árbol afectado. La severidad de los daños causados permite clasificarla como devastadora.

Fuste

A nivel de liber, *Scolytodes alni* (*Scolytidae*, *Coleoptera*) sigue afectando plantaciones estresadas de *A. acuminata* (Espinoza y Arguedas, 2005). En *Vochysia ferruginea* se diagnosticó *Xyleborus vochysiae* sp. produciendo perforaciones en la albura; representa un caso particular, ya que la especie no había sido señalada antes y porque afecta a árboles en pie (Arguedas et al, 2005; Kirkendall, 2006).

Otros barrenadores del xilema son larvas del orden Lepidoptera, como *Aepytus sp.* en *Gmelina arborea* y *Cossula sp.* en las diferentes especies de *Terminalia*. Del orden Coleoptera se destacan los ataques de *Euchroma gigantea* (Buprestidae) en *Bombacopsis quinatum* y varias especies de la familia *Cerambycidae*, las cuales se describen en el anexo.

Las enfermedades más comunes de fuste son los canchros. Se ha observado *Chrysosporite cubensis* en varias especies de eucaliptos, *Pleospora sp.* en *Terminalia oblonga*, *Botryosphaeria dothidea* en *A. acuminata* y *G. arborea*, *Seiridium sp.* y *Lachnellula sp.* en *C. lusitanica* y diferentes especies de *Nectria* en *B. quinatum*, *G. arborea*, *Stryphnodendrum microstachyum*, *T. grandis*, *Terminalia amazonia* y *T. ivorensis* y *Virola koschniy*.

Nectria sp. se ha constituido en el principal problema fitosanitario de las plantaciones de *G. arborea*. En árboles jóvenes, el área necrótica de los tejidos corticales puede abarcar el perímetro del árbol, por lo que la parte apical del fuste muere; en algunos casos el árbol rebrota aproximadamente a mitad del fuste, formando una especie de "globo" de follaje. En árboles de más de 5 años, las áreas de la corteza afectadas se encuentran delimitadas por "callos" y se resquebrajan (Figura N° 5) (Arguedas, 2004c).

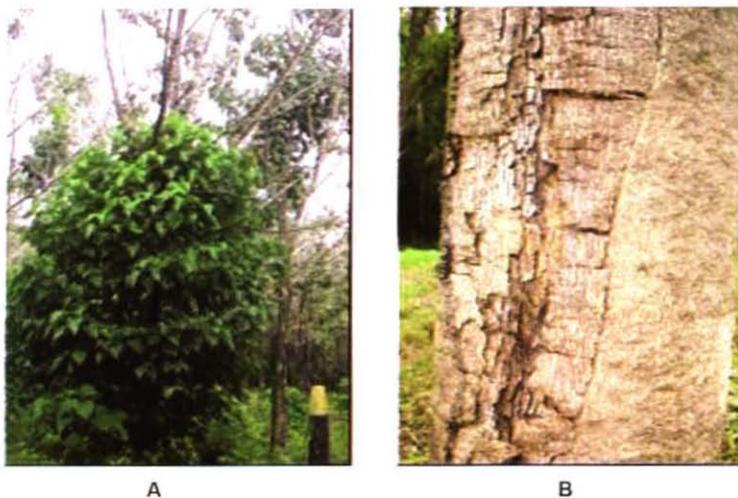


Figura N° 5
SINTOMATOLOGÍA DEL CANCRO DE LA MELINA (*Nectria sp.*) EN *Gmelina arborea*.
ÁRBOLES JÓVENES (A) ÁRBOLES ADULTOS (B).

C. lusitanica fue introducido en Costa Rica a principios del siglo pasado y se ha constituido en una especie utilizada para cortinas cortaviento, reforestación y árboles de Navidad. Desde hace aproximadamente 6 años, varios de los rodales más antiguos han presentado procesos de mortalidad ocasionados por *Seiridium sp.* Este patógeno produce canchros en las ramillas, ramas y fuste; muchos de estos canchros pueden también llegar a abarcar el perímetro de la parte

afectada, el efecto acumulativo de muchas infecciones en un árbol puede producir mortalidad (Figura N° 6). Esta situación ha producido mucha preocupación entre los reforestadores, ya que *Seiridium sp.* ha causado efectos devastadores en especies de *Cupresaceae* y *Taxodiaceae* en varias regiones del mundo (Agrios, 2005; Sinclair y Lyon, 2005).

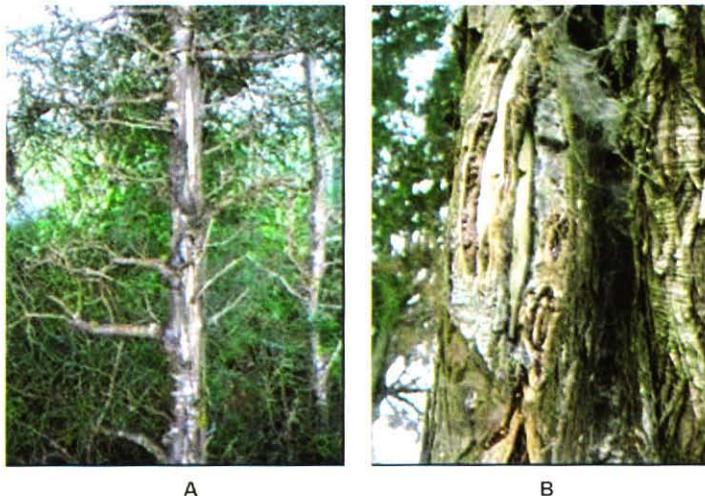


Figura N° 6
SINTOMATOLOGÍA DEL CANCRO DEL CIPRÉS (*Seiridium sp.*) EN *Cupressus lusitánica*
ÁRBOLES JÓVENES (A) ÁRBOLES ADULTOS (B).

Enfermedades de Origen Múltiple

En plantaciones de *T. grandis* mayores de 7 años, en las regiones húmedas (precipitaciones anuales superiores a los 2.500 mm), se ha observado un proceso de mortalidad de árboles aislados y en grupos, denominado el "Síndrome del Decaimiento Lento de la Teca" (Figura N° 7). Los árboles afectados presentan la degeneración de las raicillas adventicias que produce la muerte de las mismas. Estudios recientes indican que el fenómeno está asociado a factores climáticos y edafológicos que afectan el sistema radical y posteriormente, patógenos oportunistas aprovechan la condición de estrés para atacar. Los sitios más afectados presentan de 190 a 255 días con lluvia, exceso de agua entre 8 y 12 meses, precipitación media anual entre 2.700 y 5.000 mm, índice de aridez entre 0 y 6%, conductividad hidráulica lenta o muy lenta en algún horizonte, episaturación, baja fertilidad, un régimen de humedad údico, y un drenaje moderadamente lento o lento (Arguedas *et al.*, 2006).

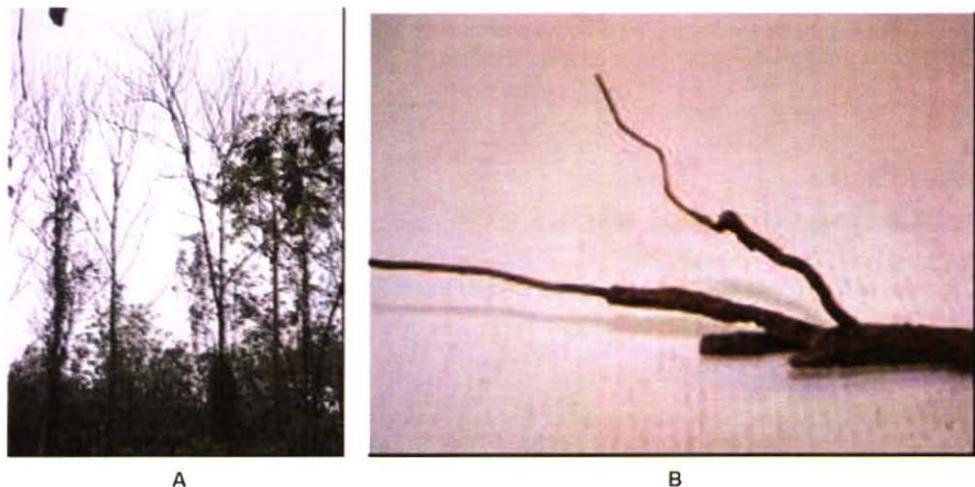


Figura N° 7
 SÍNDROME DEL DECAIMIENTO LENTO DE LA TECA
 ÁRBOLES MUERTOS (A) DEGENERACIÓN DE RAICILLAS DE ABSORCIÓN (B).

CONCLUSIONES

Los procesos de reforestación en Costa Rica, fueron incentivados en forma sistemática por el Estado desde 1980. Durante esos 25 años, ha aumentado paulatinamente el número de especies de organismos que afectan las plantaciones forestales (Arguedas *et al.*, 1993; 1997). Además, la distribución y la severidad de muchos problemas fitosanitarios ha aumentado, como puede ilustrarse con *Walteraniella sp.*, *Olivea tectonae*, *Phomopsis sp.* y el síndrome en *T. grandis*, *Nectria sp.* en *G. arborea* y *Seiridium sp.* y *Gymnosporangium sp.* en *C. lusitanica*.

Los ecosistemas forestales naturales en Costa Rica se caracterizan por su heterogeneidad en cuanto a la composición de especies arbóreas. Se han realizado grandes esfuerzos en los procesos de “domesticación” de especies forestales nativas, por lo que actualmente se establecen plantaciones con las especies más promisorias. En estas plantaciones se ha presentado un gran incremento de las poblaciones de insectos herbívoros, que han producido desfoliaciones totales, como se ha observado con las larvas de microlepidópteros en *A. acuminata* y *Heterocampa* sp. y *Caviña* sp. en *V. guatemalensis*, así como plagas de descortezadores, representadas por *S. alni* en *A. acuminata* y otra especie no identificada en *Calophyllum brasiliense*. Estos fenómenos parecen obedecer a desbalances ecológicos provocados por la condición monoespecífica y coetánea de las plantaciones, y a fenómenos climáticos irregulares como periodos de sequía muy prolongados.

La tecnificación y los procesos de certificación a los que están sometidas muchas empresas y organizaciones reforestadoras en Costa Rica, exige que el estudio y el manejo de los problemas fitosanitarios, se enfoquen dentro de los principios del Manejo Integrado de Plagas en forma multidisciplinaria e interinstitucional.

REFERENCIAS

- Agrios, GN. 2005.** Plant Pathology. Fifth Edition. Elsevier Academic Press. London, UK. 530 p.
- Arguedas, M.; Hilje, L.; Quiros, L.; Scorza, F. y Araya, C. 1993. Catálogo de Plagas y Enfermedades Forestales en Costa Rica. Programa Interinstitucional de Protección Forestal PIPROF. Cartago. 57 p.
- Arguedas, M.; Hilje, L.; Quiros, L.; Caverri, P.; Scorza, F. y Araya, C. 1997.** Catálogo de Plagas y Enfermedades Forestales en Costa Rica. Segunda edición. Programa Interinstitucional de Protección Forestal PIPROF. Cartago. 67 p.
- Arguedas, M, 2004a.** Escarabajos barrenadores de la madera: reconocimiento de daños y manejo. Soluciones tecnológicas (en línea). KURU: REVISTA FORESTAL (Costa Rica) 1(1). 3 p.
- Arguedas, M, 2004b.** La roya de la teca *Olivea tectonae* (Rac.): consideraciones sobre su presencia en Panamá y Costa Rica (en línea). KURU: REVISTA FORESTAL (Costa Rica) 1(1). 5 p.
- Arguedas, M. 2004c.** Problemas fitosanitarios de la melina (*Gmelina arborea*) en Costa Rica (en línea). KURU: REVISTA FORESTAL (Costa Rica) 1(2). 9 p.
- Arguedas, M. y Chaverri, P. 1997.** Problemas fitosanitarios en *Cordia alliodora* (laurel) en Costa Rica. Tecnología en Marcha 13 (2): 18-24.
- Arguedas, M.; Chaverri, P. y Verjans, JM. 2004.** Problemas fitosanitarios en teca (*Tectona grandis* L.f.) en Costa Rica. Recursos Naturales y Ambiente 41. (Revista Forestal Centroamericana) 131-136.
- Arguedas, M.; Sevilla, C. y Chaverri, P. 2005.** Daños causados por un escarabajo ambrosial (*Curculionidae, Scolytinae, Xyleborus*) en *Vochysia ferruginea* Mart. (*Vochysiaceae*) (en línea). KURU: REVISTA FORESTAL (Costa Rica) 1(4). 7 p.
- Arguedas, M.; Mata, R.; Herrera, W.; Arias, D.; Calvo, J. y Salas, B. 2006.** Síndrome de Decaimiento Lento de la Teca en Costa Rica. Segunda Etapa. Informe Final. Proyecto de Investigación. VIE. Stichting Terra Vitalis. 186 p.
- Espinoza, D. y Arguedas, M. 2005.** Evaluación de factores que favorecen el ataque *Scolytodes alni*

(*Curculionidae*, *Scolytinae*) en plantaciones de jaúl (*Alnus acuminata* Kunth) en Costa Rica (en línea). KURU: REVISTA FORESTAL (Costa Rica) 1(5). 11 p.

Kirkendall, LR. 2006. A New Host-Specific, *Xyleborus vochysiae* (*Curculionidae*: *Scolytinae*), from Central America Breeding in Live Trees. Ann. Entomol. Soc. Am. 99(2): 211-217.

Macias, J.; Arguedas, M.; Zaniccio, J. y Hilje, L. 2002. Plagas Forestales Neotropicales (Boletín 7). Manejo Integrado de Plagas y Agroecología (Costa Rica) 65: 116-117.

Macias, J.; Arguedas, M.; Zaniccio, J. y Hilje, L. 2004. Plagas Forestales Neotropicales (Boletín 14). Manejo Integrado de Plagas y Agroecología (Costa Rica) 72: 98-99.

Sinclair, WA. y Lyon, HH. 2005. Disease of trees and shrubs. Second Edition. Cornell University Press. New York, US. 922 p.



APENDICE

Escarabajos (Cerambycidae, Coleoptera) barrenadores de la madera en Costa Rica.

Brasilianus mexicanus

Es una plaga de árboles moribundos y troncos cortados de *Astronium graveolens*. La larva pequeña comienza a alimentarse de las capas superficiales de la corteza. Conforme crece, penetra la corteza y comienza a construir cavidades irregulares y muy amplias en el cambium; posteriormente penetra el xilema y construye galerías de hasta 1,5 cm de ancho, las cuales pueden llegar hasta la médula del tronco. Al final de los túneles construyen las celdas pupales. Los orificios de emergencia tienen forma ovalada y las paredes de las cámaras pupales son blanquecinas.



Neoclytus cassicus

Su hospedero nativo en Costa Rica es *Guaiacum officinale*, pero económicamente tiene mucha importancia al atacar piezas de fuste de *Tectona grandis* almacenadas en patios, provenientes principalmente de raleos. La larva construye galerías en la albura, sin que externamente se detecten signos del ataque. Los orificios de emergencia son circulares y miden aproximadamente 5 mm de diámetro. Sobre las pilas de piezas expuestas en los patios es común observar una gran cantidad de adultos caminando y sobrevolando; estos son pequeños (1,5 cm de largo), color pardo brillante con patas sumamente largas y el cuerpo muy delgado, por lo que popularmente se le denomina "hormiga roja".



Oncideres punctata

Oncideres punctata se ha observado atacando *Cordia alliodora*, *Albizia guachapele*, *Leucaena leucocephala* y *Pithecelobium saman*. El daño que causa es muy particular. Las hembras morderían el perímetro del tallo de árboles de menos de dos años o ramas, formando un anillo que otorga al área atacada la apariencia de un reloj de arena. Posteriormente, deposita sus huevos en la parte superior de la franja. La herida interrumpe el paso de savia y el árbol o la parte apical de la rama mueren. Esta estrategia garantiza alimento a las larvas que nacerán, las cuales se alimentan de madera muerta.



PLAGIOHAMMUS SPINIPENNIS

Ataca el fuste de la teca (*Tectona grandis*). Los primeros estadios de las larvas se alimentan en la zona del liber, lo que obstaculiza el flujo de nutrientes; en consecuencia, el tallo se abulta notablemente en el punto del ataque. Posteriormente, la larva barrena el xilema, formando generalmente galerías en forma de anillo. En los últimos estadios puede penetrar hasta la médula, donde barrena hacia arriba. Es posible observar también las perforaciones de salida de los adultos cerca del abultamiento. Muchos árboles se quiebran con el viento en los puntos de ataque.



STEIRASTOMA HISTRIONICUM

Tanto larvas como adultos atacan principalmente el *Bombacopsis quinatum*, pero se ha observado también en *Ceiba pentandra* y en *Sterculia apetala*. Los adultos mastican la corteza de árboles muy jóvenes. Las larvas, durante los primeros estadios, se alimentan debajo de la corteza, donde forman galerías planas y amplias, casi siempre rellenas de residuos de madera y excrementos. Conforme las larvas crecen, penetran más profundamente el xilema. Se han observado galerías hasta en la médula. Para salir del árbol, el adulto hace una perforación elíptica, de 2 x 1,1 cm de diámetro.



(Fuente: Arguedas, 2004a.)

MANEJO FORESTAL A ESCALA DE PAISAJE: UN ENFOQUE PARA SATISFACER MÚLTIPLES DEMANDAS DE LA SOCIEDAD HACIA EL SECTOR FORESTAL. Campos, J. y Villalobos, R. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). Costa Rica. jcampos@catie.ac.cr

RESUMEN

Para lograr el manejo forestal sustentable es necesario actualizar enfoques, métodos, técnicas y herramientas. También valorar las tendencias internacionales y el aprendizaje de diversas estrategias para el desarrollo sostenible y la conservación.

Generalmente las prácticas de manejo forestal promovidas en Latinoamérica durante las últimas décadas se basan en investigaciones realizadas en parcelas pequeñas (en relación con las áreas de manejo) y en periodos de tiempo cortos. Además, el manejo forestal se practica como una actividad aislada y la conservación del bosque se promueve y planifica como un proceso ajeno a actividades económicas, como son la producción forestal, agrícola e incluso el turismo rural.

En diversas corrientes actuales para el desarrollo rural sostenible, se debe superar los enfoques desarticulados y limitados a una escala de finca o de unidad productiva. Los aportes a la economía de los bosques fragmentados dependen cada vez más de una mayor integración en las cadenas de valor, sistemas productivos diversificados y un manejo que considere las relaciones biológicas, económicas y sociales entre diversos componentes del paisaje. Para ello es preciso capitalizar las enseñanzas de varios años de iniciativas, como proyectos integrados de conservación y desarrollo, manejo de reservas de la biosfera, manejo integrado de cuencas o bosques modelo, y desarrollar nuevos paradigmas como los enfoques de la Convención de Diversidad Biológica y el manejo a escala de paisajes.

Entre los retos fundamentales del manejo forestal a escala de paisaje están: la planificación regional y de largo plazo para la producción sostenible de madera y productos forestales no madereros, la identificación regional de funciones y servicios ambientales prioritarios y sus estrategias de manejo, la comprensión de interacciones económicas entre diversos sistemas productivos del paisaje, la definición de estrategias de conservación de los ecosistemas y sus funciones y la definición de estrategias de gobierno para que los actores sociales que habitan y administran el paisaje realicen el manejo sostenible de sus recursos. Lo último conlleva instancias representativas de toma local de decisiones, mecanismos de planificación, ejecución, control y monitoreo de impacto de las acciones.

Ante tal contexto, se requiere una visión y un conocimiento amplio del rol de los ecosistemas forestales en procesos regionales de desarrollo, que involucre el trabajo de equipos interdisciplinarios, no solo para la comprensión y el manejo de los bosques, sino para manejar los diferentes componentes de los paisajes, ya sean estos forestales, agropecuarios, urbanos o industriales.

El sector forestal no debe desempeñarse sólo en ámbitos técnicos o empresariales, sino que debe ejercer un rol proactivo y relevante en las nuevas estrategias de gobierno de las regiones rurales latinoamericanas, donde los actores locales asuman la construcción de sus propios procesos de conservación de la biodiversidad, desarrollo económico y bienestar social, desde el manejo integrado de los diversos componentes de grandes paisajes, incidiendo a la vez en las políticas nacionales e internacionales.

Palabras claves: Manejo forestal sustentable

FOREST MANAGEMENT ON LANDSCAPE SCALE: AN APPROACH TO SATISFY MANIFOLD DEMANDS OF THE SOCIETY TOWARDS THE FOREST SECTOR

SUMMARY

In order to obtain the sustainable forest management it is necessary to update approaches, methods, techniques and tools. Also to value the international tendencies and the learning of diverse strategies for the sustainable development and the conservation.

The promoted practices of forest management in Latin America during the last decades are based generally on investigations made in small plots (in relation to the management areas) and in short periods of time. In addition, the forest management is done as an isolated activity and the conservation of the forest is promoted, and even plans, like a process different to economic activities, as they are the forest production, agricultural and the rural tourism.

In diverse present currents for the sustainable rural development, it is necessary to overcome the approaches disarticulated and limited to a scale of farm or productive unit. The contributions to the economy of the fragmented forests depend more and more on a greater integration in the chains of value, diversified productive systems and a management that considers the biological, economic and social relations between diverse components of the landscape. For this, it need to capitalize the lessons of several years of initiatives, like integrated projects of conservation and development, management of reserves of the biosphere, integrated management of river basins or model forests, and to develop new paradigms as the approaches of the Convention of Biological Diversity and the management to a landscapes scale.

Between the fundamental challenges for the forest management on landscape scale there are the next: the regional and long term planning for the sustainable production of wood and non timber forest products, the regional identification of functions and high-priority environmental services and their strategies of management, the understanding of economic interactions between diverse productive systems of the landscape, the definition of strategies of conservation of the ecosystems and its functions and the definition of government strategies

so that the social actors who inhabit and administer the landscape make the sustainable management of their resources. The latest involves representative instances of local taking of decisions, mechanisms of planning, execution, control and valuation of impact of the actions.

Facing such context, one requires a vision and a wide knowledge of the roll of the forest ecosystems in regional processes of development, involving the work of interdisciplinary teams, not only for the understanding and the management of the forests, but to manage the different components of the landscapes, being these forest, farming, urban or industrial ones.

The forest sector must not act only in technical or enterprise topics, but it must exert an proactive and surpassing roll in the new strategies of government of the Latin American rural regions, where the local actors assume the construction of their own processes of conservation of the biodiversity, economic development and social welfare, from the integrated management of the diverse components of great landscapes, affecting simultaneously in the national and international policies.

Key words: Sustainable forest management

INTRODUCCIÓN

La evolución que ha experimentado el manejo forestal en el neotrópico presenta elementos particulares que se describen a continuación.

El recurso forestal ha sido fundamental en el desarrollo de Latinoamérica, pero durante la mayor parte de la historia ha estado al margen de estrategias de manejo.

La deforestación ha sido el proceso más evidente y determinante del paisaje rural en muchas regiones latinoamericanas. Para finales de la década de los 90 América del Sur perdió hasta 3,7 millones de hectáreas de bosque tropical al año (FAO, 2000), y entre 2000 y 2005 la pérdida neta de bosques fue cercana a 4,3 millones de hectáreas al año¹. En América Central se estima que la pérdida de bosques entre 1990 y 1995 fue de 2.5% anual (FAO, 1997).

Una cultura de menosprecio por el bosque natural como sistema productivo ha predominado desde la colonización y se ha manifestado incluso en políticas que promueven el desarrollo agrícola y la colonización, sin una evaluación adecuada de las posibilidades de manejo sustentable y conservación del bosque natural que aun se mantiene en muchos países (Campos *et al.*, 2002). La situación de pobreza extrema de gran parte de la población también ha favorecido los procesos de deforestación, al constituirse el cambio de uso del suelo en una alternativa para resolver necesidades críticas en el corto plazo (Campos *et al.*, 2001).

El desarrollo de técnicas silviculturales en el neotrópico se inicia más tarde que en Asia y África tropical. Después de casi 400 años de proceso colonial se inician las primeras experiencias aisladas de manejo sistemático, pero es solo después de la segunda guerra mundial que las

¹ <http://www.fao.org/newsroom/eS/news/2005>

ciencias forestales tropicales se desarrollan más formalmente (Lamprecht, 1990). Se trata de un proceso en contra de toda una corriente cultural e histórica que ignoró el potencial productivo del bosque natural. Por tanto, no resulta extraño que todavía a fines de la década de 1980 un informe de la Organización Internacional de Maderas Tropicales (Poore, 1989) considerara que América Tropical era la región que menos progresos mostraba en manejo forestal sustentable (MFS).

Es así como el reto de desarrollar herramientas técnicas para la práctica de la silvicultura en los bosques neotropicales fue el principal motor del manejo forestal por varias décadas, el avance fue lento y más efectivo en la academia que en el campo. Sin embargo, en la década de 1990 se obtuvo un gran avance, producto del cual hoy en día más de un millón de hectáreas de bosque natural en Latinoamérica han sido certificadas por el Consejo de Manejo Forestal (FSC, por sus siglas en inglés) y la región cuenta con la mayor parte de bosques tropicales certificados por este sistema internacional.

Algunos procesos representan una revolución en cuanto a las expectativas de manejo de bosques naturales en Latinoamérica, tal es el caso de las concesiones forestales comunitarias en Guatemala, el avance de concesiones certificadas en Bolivia y la implementación de un sistema de pago por servicios ambientales en Costa Rica (Carrera y Prins, 2002; Campos *et al.*, 2005b; 2005c; Louman *et al.*, 2005).

LOS RETOS DEL NUEVO SIGLO

Se empieza el siglo en un contexto donde ya existen experiencias positivas de campo sobre MFS, se sabe que es factible, hay avances relevantes, incluidos los procesos de manejo dirigidos por grupos comunitarios (Méndez, 1996; Marmillod *et al.*, 1998; Quirós y Gómez, 1998; Pearce *et al.*, 1999; Siteo, 2000; Finegan *et al.*, 2001; Amaral y Campos, 2002; Carrera y Prins, 2002; McGinley y Finegan, 2002; Mollinedo *et al.*, 2002a; 2002b; Ferroukhi, 2003; Finegan *et al.*, 2004a; Louman *et al.*, 2005; Mayers, 2006).

La certificación, una herramienta concebida originalmente como de mercado, pero que ha servido para promover la aplicación de prácticas de manejo sostenible en el campo, va en proceso de consolidarse en la región, los retos se evidencian cada vez mayores en la cadena de valor que en el manejo del bosque (Louman y Stoian, 2002; Louman *et al.*, 2002; Villalobos, 2003; Campos *et al.*, 2005a; 2005b; Louman *et al.*, 2005; Carrera *et al.*, 2006).

Varios conceptos se han incorporado en el bagaje forestal y hay experiencias de las cuales extraer enseñanzas: tala dirigida, planificación del manejo, manejo sustentable, monitoreo (Noss, 1999; Putz *et al.*, 2000; Zea *et al.*, 2004; Orozco *et al.*, 2006), manejo adaptativo (Salafsky *et al.*, 2001; Finegan *et al.*, 2004a; 2004b), control de la ilegalidad (Louman y Villalobos, 2001; Campos *et al.*, 2002b). Más recientemente, nuevos enfoques y conceptos se están incorporando con celeridad en las discusiones nacionales e internacionales sobre manejo forestal: economía de la ilegalidad, estrategias de incentivos, valoración y pago por servicios ambientales (Nasi *et al.*, 2002; Campos *et al.*, 2002b; 2005b; 2005c).

El análisis integral de las enseñanzas que se desprenden de los procesos antes mencionados, permite visualizar que un papel relevante y sostenible del sector forestal en las economías locales y nacionales conlleva una visión del manejo más allá de la silvicultura, implica entender y manejar las interacciones entre los sistemas productivos forestales y su entorno.

La definición del entorno de gestión depende del proceso analizado, puede referirse por ejemplo, a un conjunto de unidades productivas, a una ecorregión, a una división territorial política, a un país o a un mercado internacional. Por lo tanto, se enfrenta el reto de desarrollar herramientas de análisis o de gestión para múltiples escalas, que permitan en ocasiones visualizar diversas relaciones entre sistemas y subsistemas. Tales enfoques de trabajo son pertinentes, tanto para análisis biofísicos como para procesos de planificación, definición política y estrategias de gobierno.

EL PORQUÉ DE UNA VISION A ESCALA DE PAISAJE

Históricamente el énfasis de la investigación ha estado en lo particular (enfoque reduccionista), sacrificando la comprensión de las interrelaciones entre sistemas, subsistemas, sus componentes y el análisis integral de complejos de sistemas, su funcionamiento, sus productos y las consecuentes implicaciones para su manejo (enfoque sistémico).

Como saldo de aprendizaje de las diversas relaciones entre el ser humano y la naturaleza se reconoce la necesidad de entender y manejar las interrelaciones entre diversos elementos de los ecosistemas. Así lo evidencian las conclusiones de procesos de discusión de relevancia mundial, expresados en los principios del enfoque ecosistémico de la Convención de Diversidad Biológica (UICN, 2000; SCDB, 2004) y los resultados de la Evaluación de los Ecosistemas del Milenio (MEA, 2006²), donde queda claro que el bienestar de la humanidad depende de la capacidad de los ecosistemas para conservar sus funciones ecológicas y proveer los servicios ambientales que de ellas se derivan.

Uno de los enfoques que por más años ha generado herramientas de análisis, con una aplicación geográfica a escala de paisaje, ha sido el manejo integrado de cuencas hidrográficas. Este ha evolucionado de un enfoque centrado en análisis hidrológicos hacia estrategias de participación y gobierno local en relación con el manejo de los recursos naturales (Faustino, 2004; Guillén *et al.*, 2004; Jiménez, 2005). Hoy se entiende que la visión de cuencas es útil para abordar una gran gama de estrategias para el análisis y para la gestión de procesos ecosistémicos con incidencia directa en la economía y en el desarrollo humano.

Es así como se desarrollan estrategias para pago por servicios ambientales basados en un análisis de cuencas, pero también se plantea la planificación y administración de grandes territorios tendiente a conservar y mejorar la provisión de estos servicios ambientales (Turcios, 1999; Chirinos y Jiménez, 2004; Jiménez *et al.*, 2004a; Sánchez *et al.*, 2004; Campos *et al.*, 2005c; Andino *et al.*, 2006).

² <http://www.millenniumassessment.org>

El desarrollo de estrategias para garantizar la conservación, provisión sostenible y manejo adecuado del recurso hídrico tiende, de manera creciente, a ocupar las agendas de todos quienes trabajan en el manejo de los recursos naturales, tales estrategias obligan al análisis en términos de escala de paisaje y a la comprensión del efecto de las interrelaciones entre los elementos y procesos de los paisajes sobre el recurso hídrico (Turcios, 1995; 1999; Madrigal, 2003; Segura *et al.*, 2004; Campos *et al.*, 2005c).

La tendencia histórica hacia enfoques integradores se manifiesta en la evolución de procesos y conceptos que abordan los vínculos entre la conservación y el desarrollo, tales como los proyectos integrados de conservación y desarrollo, el manejo basado en la comunidad, el manejo conjunto, las reservas de biosfera, los corredores biológicos y los bosques modelo (Sayer y Campbell, 2004; García *et al.*, 2005).

Se ha venido evidenciando una serie de impactos ambientales ocasionados por los seres humanos cuya comprensión, mitigación y prevención futura requieren de una visión más integral. Ha sido necesario hacer análisis históricos que permitan entender la evolución de procesos que han llevado al deterioro ambiental de ecosistemas completos y amplias regiones, o de los procesos que han permitido revertir estas situaciones y generar la restauración de ecosistemas y de algunos de sus funciones productivas y servicios ambientales (Finegan, 1996; Soudre, 2004; Salazar *et al.*, 2005; Serrano, 2005).

Está claro que en muchas zonas de Latinoamérica los desastres naturales se suceden con frecuencia y se debe incorporar en las estrategias de manejo de los recursos naturales, incluido el manejo forestal, el análisis de todas las posibles relaciones de causa, efecto, mitigación y prevención posibles, de tal manera que la gestión del riesgo forma parte de estos temas técnicos prioritarios (Vandermeer *et al.*, 1997; Acosta, 2000; Rivas *et al.*, 2000; Buch *et al.*, 2004; Díaz, 2004; Jiménez *et al.*, 2004b; Barriga 2005).

Conforme los promotores de la conservación de ecosistemas se han visto obligados a desarrollar esfuerzos dirigidos a grandes regiones, no solo de ecosistemas naturales bien conservados sino de los corredores biológicos entre ellos y áreas fragmentadas, ha surgido de manera espontánea la necesidad de que los esfuerzos de conservación sean asumidos por las poblaciones locales y de que se integren con las estrategias de desarrollo rural. Experiencias relevantes en este sentido se han generado en los procesos de reservas de la biosfera y corredores biológicos (Dinerstein *et al.*, 1995; UNESCO, 2000; 2002; García *et al.*, 2005; Ramírez, 2006).

Este es el contexto en el que debe de ser analizado y planificado el manejo forestal, que juega un papel particularmente relevante en el paisaje, por abordar precisamente los ecosistemas que aportan la mayor diversidad de bienes y servicios ambientales. Pero se debe evitar la tendencia a enfocar esta relevancia a través de excesivas regulaciones y requisitos administrativos para quienes desean implementar un manejo forestal sustentable. Por el contrario, se deben desarrollar mecanismos que permitan recompensar a quien conserva y maneja adecuadamente el recurso forestal, con una retribución justa por los bienes y servicios que aporta a la sociedad (Watson *et al.*, 1998; Louman y Villalobos, 2001; Louman *et al.*, 2005;).

De manera complementaria, el manejo forestal actual es, necesariamente, diversificado. Los ejemplos de aprovechamiento forestal más duraderos en la historia regional están basados en un uso diversificado y en la complementación entre la actividad forestal y otras actividades económicas (Panayotou, 1990; Nepstad y Schwartzman, 1992; Villalobos y Ocampo, 1997; Campos *et al.*, 2001; Mollinedo *et al.*, 2002a; 2002b). Hoy en día se desarrollan diversas herramientas para manejar de manera sustentable esta capacidad productiva diversificada, tanto de bienes como de servicios (Gálvez, 1996; Peters, 1996; Marmillod *et al.*, 1998; Pineda *et al.*, 1998; Villalobos *et al.*, 1998; 1999; Marmillod *et al.*, 1999; Villalobos, 2001; 2002; Da Silva Días *et al.*, 2004; Quirós *et al.*, 2004;).

Hoy se está abordando diversas estrategias para planificar e implementar el manejo a escalas de paisaje, caracterizadas por: la extensión (grandes concesiones, territorios, municipios, ecorregiones), la interacción entre sistemas, la diversidad de actores y la necesidad de plataformas para la participación y gobierno local (Ibisch, 2002; Perdomo *et al.*, 2002; García *et al.*, 2005; Serrano, 2005; TNC y FCBC, 2005; Ramírez, 2006).

El manejo forestal moderno debe entenderse como un proceso:

De producción (qué se debe producir, cómo se lo debe producir, cómo se es más eficiente)

De producción diversa (cuál es el potencial de bienes y servicios, cómo se mantiene e incrementa su provisión)

De conservación (qué es lo que se conserva, cómo se logra la conservación, como se monitorea, cuál es la interacción con otros sistemas relacionados)

Social (quiénes son los beneficiarios de la producción y de la conservación, cuáles son sus estrategias de vida, cuál es el rol que debe jugar la actividad forestal)

Económico (quién recibe beneficios y quién aporta recursos por el manejo, conservación y aprovechamiento de los recursos forestales.

De mercado (cuáles son los factores que permiten la competitividad del sector).

LAS IMPLICACIONES DE LA ESCALA DE PAISAJE

Más que un tema de escala, el manejo con enfoque de paisaje plantea un reto de integración. En su concepción técnica de ecosistemas, de usos de la tierra, de procesos económicos, de conceptos, de conocimientos, de disciplinas y en su implementación de diversos actores e instituciones. Tales retos, al final, resultan ser más que todo de conciliar diversos intereses de personas, de ahí que el análisis e implementación de estrategias para la participación, coordinación, toma de decisiones y resolución de conflictos, sean aspectos fundamentales dignos también de estudio y sistematización.

Algunos logros en el desarrollo de sistemas de manejo forestal, ya sea por empresas, grupos o comunidades, se basan en gran medida en estrategias de liderazgo efectivo y gobierno, así como en el desarrollo de capacidades administrativas y gerenciales locales, las cuales permiten lidiar con aspectos de complejidad, incertidumbre y costos de transacción asociados. Es por ello que Sayer (2005) concluye que antes de decidir adoptar un enfoque de paisaje, se debe hacer primero un análisis beneficio - costo del mismo.

Se requiere entender cuales son los procesos humanos (particularmente relativos a la toma de decisiones y manejo de conflictos), sociales y culturales en el entorno del ecosistema forestal (en el corto, mediano y largo plazo) y sus implicaciones para el manejo del recurso. Esto a su vez obliga a definir la diversidad de actores involucrados (que inciden, toman decisiones o se ven afectados) con el manejo del bosque y de los sistemas adyacentes. El análisis de estos elementos es un punto esencial de partida para procesos como los bosques modelo (García *et al.*, 2006).

En el manejo a escala de paisaje se trata de entender como interactúa el ecosistema forestal (o conjunto de ecosistemas forestales), con el resto de ecosistemas circundantes, y las implicaciones en cuanto a productividad y sustentabilidad, lo cual puede conllevar estudios de tipo económico (Mollinedo *et al.*, 2002a; 2002b; Zea *et al.*, 2004) o ecológico (McGinley y Finegan, 2002), tal es el caso de los estudios de conectividad (Murrieta, 2006; Ramos 2003).

Se trata de entender cuales son las funciones de los ecosistemas forestales, cuales son los bienes y servicios que estos proveen a las poblaciones beneficiarias y su incidencia en el bienestar humano³, cuya definición conlleva también una visión más integral del paisaje. Se necesita conocer el funcionamiento económico de los diversos procesos de generación y aprovechamiento de los bienes y servicios de estos sistemas y cuales son sus relaciones. Campos *et al.* (2005c) describen una metodología que identifica pasos para el diseño de sistemas de pago por servicios ecosistémicos forestales, donde se justifica además de la necesidad de un enfoque integral, hacerlo también bajo un enfoque de manejo del paisaje.

Componentes de un Marco Metodológico para el Pago por Servicios Ecosistémicos (PSE)

Establecimiento de la Oferta Biofísica de Servicios Ecosistémicos: Un análisis Biofísico

La piedra angular para establecer la oferta de servicios ecosistémicos (SE) es la identificación de una función de dosis-respuesta (relación causa-efecto) que relacione el uso y manejo de la tierra con la provisión del servicio. Como mínimo, se debe asegurar que esta función fluya en la dirección correcta y provea evidencias que permitan informar a los potenciales beneficiarios sobre los elementos involucrados en el pago del SE, por ejemplo el impacto de posibles cambios en la estructura del ecosistema.

Estimación de Costos de Provisión de Servicios Ecosistémicos: Un Análisis de la Oferta

Para establecer la oferta de SE deben calcularse los costos de proveer dichos servicios, es decir, cuánto cuesta la "dosis". Se parte de: (i) la identificación de los proveedores actuales y potenciales de los SE, y (ii) la determinación de los costos asociados con cada práctica de manejo fomentada con el fin de incrementar la oferta del SE.

Componente Demanda: Demanda Efectiva de SE por Parte de los Potenciales Beneficiarios

La identificación y medición de una demanda efectiva por el SE permite asegurar que

³ <http://www.millenniumassessment.org>

existe un potencial grupo de pagadores por el SE previo a determinar la escala, es decir, la dimensión espacial y temporal de la intervención, de modo que sea posible pagarle a los proveedores. La existencia de demanda se establece con dos tareas entrelazadas: (i) identificar los potenciales beneficiarios de un programa dirigido a aumentar o mantener la oferta del SE y (ii) estimar la disponibilidad a pagar por parte de dichos beneficiarios. La identificación de los beneficios se hace desde la perspectiva de los usuarios.

Marco Operativo: Apropiado para la Escala de Intervención Seleccionada

Se diseña un marco operativo que propicie el encuentro entre la oferta y la demanda y establezca un "equilibrio de mercado" intervenido (Figura N° 1). El contexto institucional requerido para establecer el sistema de PSE estará definido por la escala, es decir por la dimensión espacial y temporal de la intervención, y el tipo de servicio. En general, el contexto institucional es propiciado por la agencia interesada en el desarrollo del esquema de PSE.

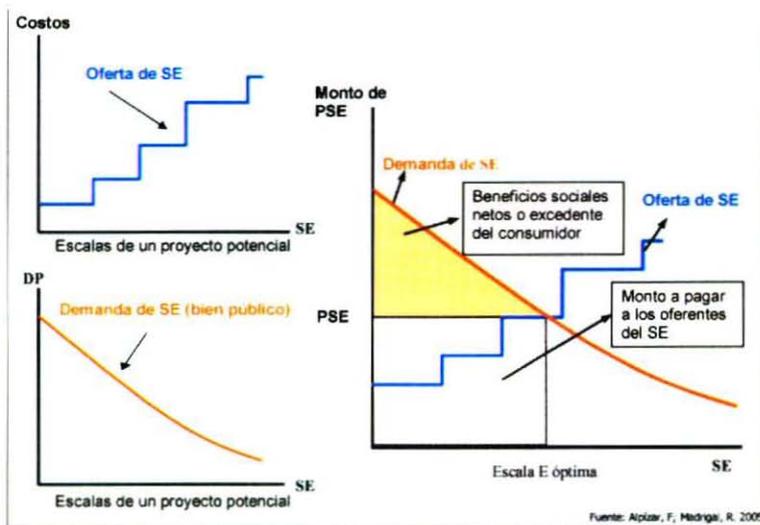


Figura N° 1

EQUILIBRIO DE UN MERCADO CONSTRUIDO DE SERVICIOS ECOSISTÉMICOS A NIVEL LOCAL

Para promover un manejo a escala de paisaje exitoso, se necesita incidir en los procesos de ordenamiento territorial con una visión integral de las capacidades de los ecosistemas en relación con las necesidades humanas, más allá de la capacidad de uso de los suelos. Se debe incidir en el diálogo político, pues es a este nivel donde habrá más posibilidades de incidencia y al mismo tiempo de fortalecimiento de la organización de los productores forestales (particularmente los pequeños y medianos) que les permita beneficiarse de economías de escala y de una mayor competitividad.

Las consecuencias inmediatas de este enfoque aplicado de manera exitosa, incluyen:

Una mejor prevención y mitigación de riesgos.

Un aporte más efectivo al desarrollo local y a la calidad de vida.

Un aporte a las capacidades de organización y de desarrollo humano.

Favorecer sistemas productivos más sanos y competitivos.

Favorecer esquemas de aprovechamiento más integrales, efectivos y sustentables de los servicios ecosistémicos como oferta hídrica, captación de carbono, turismo, mitigación de riesgos y otros.

Esta ambiciosa escala de trabajo conlleva riesgos y desventajas, tales como su mayor dificultad y complejidad, tanto en términos biofísicos como económicos y sociales, y los costos de transacción respectivos.

Las experiencias tendientes al desarrollo de capacidades para un manejo integrado del paisaje se van sucediendo y es necesario promover el aprendizaje en torno a ellas. Particularmente, deben retomarse las enseñanzas de los siguientes procesos:

Estrategias para manejo integrado de cuencas hidrográficas (Faustino, 2004; Jiménez, 2005).

Procesos de forestación comunitaria (Amaral y Campos, 2002; Carrera y Prins, 2002; Da Silva Días *et al.*, 2002).

La planificación a partir del análisis de funciones y servicios ambientales (Chirinos y Jiménez, 2004; Jiménez *et al.*, 2004a; Campos *et al.*, 2005c; Andino *et al.*, 2006).

Las enseñanzas en torno a experiencias de reservas de biosfera y corredores biológicos, que demuestran que la organización es una condición de partida para un manejo exitoso de los recursos (Ramírez, 2006; Murrieta, 2006).

Las nuevas plataformas de concertación e integración de actores o corresponsables, tales como los bosques modelo.

Los procesos denominados "bosques modelo" merecen una atención particular. Se trata de un movimiento que ha venido creciendo en la región en torno a una Red Regional para América Latina y el Caribe (LAC-Net)⁴, que a su vez es un capítulo de la Red Internacional de Bosques Modelo (Besseau *et al.*, 2002). Los bosques modelo son plataformas para la concertación y la integración de esfuerzos de instituciones y personajes locales relevantes en relación con el manejo de los recursos naturales, tendientes a promover el desarrollo sustentable a partir del manejo de recursos forestales a escala de paisaje. Por lo tanto, estas iniciativas se constituyen en estrategias para abordar el reto del manejo a escala de paisaje, partiendo del más crítico de sus elementos, la concertación entre actores con diversos intereses.

Para lograr su cometido, los bosques modelo abordan el manejo sostenible a escala de paisaje a partir de alianzas, desde el ámbito local hasta el internacional, que se manifiestan en una estructura operativa cuya máxima autoridad es un directorio con representación de instituciones con muy diversos intereses en el recurso forestal y donde las decisiones deben ser fruto del consenso y la resolución de conflictos. Los objetivos particulares de cada bosque

⁴ <http://www.bosquesmodelo.net>

modelo parten de la definición de una visión compartida de las prioridades de desarrollo y de ahí la estrategia de planificación y acción subsecuente, que debe estar acompañada de un proceso de monitoreo y aprendizaje tendiente a que el manejo sea adaptativo.

CONCLUSIONES

Para que el manejo de recursos forestales a escala de paisaje evolucione de la manera más efectiva en beneficio del desarrollo regional sostenible, se requiere:

Sistemas modernos y efectivos de manejo de la información

Sistemas modernos y efectivos de comunicación

- Entre técnicos
- Entre técnicos y políticos
- Entre técnicos, políticos y población en general

Sistemas modernos, flexibles y efectivos de educación

- Para los técnicos involucrados
- Para la sociedad en general
- Para los tomadores de decisiones
- Para grupos humanos clave que administran los recursos
- Para las nuevas generaciones

Plataformas ampliadas de participación, organización y gobierno.

A partir de los aspectos analizados, se propone a continuación algunos elementos críticos de un enfoque para la gestión de paisajes forestales. Se habla de gestión, más que de manejo, pues se considera que la gestión está a un nivel superior, donde se contemplan los aspectos institucionales, políticos, económicos y sociales, necesarios para crear un ambiente que habilite el manejo forestal sustentable del paisaje.

El enfoque propuesto consta de dos partes; primero los principios que deben guiar la gestión, luego algunas herramientas o instrumentos que se han empleado para hacerla operativa:

Principios

Escala

El paisaje o área de gestión incluye una diversidad de valores y usos de los recursos forestales, que van desde usos intensivos hasta la conservación estricta, y en ocasiones de otros tipos de sistemas productivos. Se puede entonces identificar sistemas y subsistemas diversos para el análisis del área (ya sea cuenca, concesión, municipio, etc.)

Sustentabilidad

La conservación de las funciones ecológicas de los sistemas y subsistemas involucrados debe de ser siempre un objetivo fundamental de la gestión, lo mismo que la viabilidad económica, social y cultural de los procesos productivos desarrollados.

Adaptación

Conforme a los principios del Enfoque Ecosistémico (SCDB, 2004), los criterios de gestión deben ajustarse en aspectos como escala, tiempo, intensidad, en función del análisis de los procesos y sistemas críticos involucrados, que a su vez debe revisarse periódicamente para permitir el aprendizaje y manejo adaptativo.

Integración de Capacidades

Dada la magnitud y la complejidad de los sistemas manejados, es imprescindible el desarrollo de estrategias para un trabajo en colaboración entre actores relevantes, como sectores, instituciones, elementos de la cadena productiva y otros involucrados.

Gobierno

Dada la magnitud del sistema y la cantidad de actores involucrados, es necesario contar con mecanismos claros y válidos de toma de decisión, donde los diferentes sectores sientan que sus inquietudes son debidamente tomadas en consideración.

Herramientas

Foro Participativo de Toma de Decisiones

Se trata de una plataforma de concertación, donde los diversos actores son representados y sus intereses son discutidos y analizados, con el propósito de avanzar hacia la construcción de una visión compartida del paisaje; se constituye además en una instancia de manejo de posibles conflictos. En la práctica, estos foros han sido establecidos para la cogestión de cuencas, denominados "comités de cuencas"; en el caso de bosques modelo se les ha denominado "directorios" y en el caso de los corredores biológicos "comités de gestión".

Procesos de Planificación

Estos permiten plasmar la visión compartida por los actores y especificar las acciones propuestas para alcanzar los objetivos. Tanto o más relevante que el producto mismo, es el proceso, el cual debe permitir la consolidación de las alianzas entre actores y la confianza entre ellos, así como la motivación para alcanzar las metas propuestas. En el enfoque del CATIE sobre cogestión adaptativa de cuencas, a este instrumento se le ha denominado "plan de cogestión", el cual es liderado por los propios actores locales; en el caso de los bosques modelo este proceso se plasma en un plan estratégico.

Mecanismos Financieros

Para llevar a cabo acciones tales como los fondos de microcrédito (aplicados en algunos bosques modelo), los fondos de gestión ambiental (aplicados en cuencas), el pago por servicios

ambientales (aplicado en corredores biológicos en Costa Rica) o programas de pequeñas donaciones, debe evitarse el paternalismo y la dependencia externa y más bien contribuir a fortalecer el capital social y el capital humano del territorio. En este sentido resulta interesante el esquema de empresas comunales de crédito promovidas por la organización FINCA⁵

Monitoreo y Evaluación

Estos mecanismos permiten que la gestión sea a la vez un proceso de aprendizaje y se pueda adaptar, para ajustarse a los cambios en el sistema y a la acumulación de conocimiento, por lo tanto deben ser realizados por los propios actores, para que se capaciten y ajusten acciones y estrategias cuando sea necesario.

REFERENCIAS

Amaral, P. y Campos, J.J. 2002. Evaluación de las Condiciones, Procesos y Resultados del Manejo Forestal Comunitario en la Amazonia Brasileña. Revista Forestal Centroamericana (CATIE). Abr-Jun (no.38): 72-77.

Andino, J.; Campos, J.J.; Villalobos, R.; Prins, C. y Faustino, J., 2006. Los Servicios Ambientales desde un Enfoque Ecosistémico. Una Propuesta Metodológica para una Planificación Ecológica Rápida de los Recursos Naturales a Escala de Paisaje. Turrialba, CATIE. Serie Técnica. Informe Técnico N° 349. Colección Gestión Integrada de Recursos Naturales a Escala de Paisaje N° 3. 53 p.

Acosta, L.E. 2000. Regeneración de Especies Arbóreas en Bosques Manejados un Año y Medio Después del Huracán Mitch, en la Costa Norte Honduras. Tesis (Mag. Sc.) CATIE, Turrialba (Costa Rica). 53 p.

Barriga, M.M. 2005. El Rol del Capital Social en la Reducción de Vulnerabilidad y Prevención de Riesgos. Caso del Municipio de Esteli, Nicaragua. Tesis (Mag. Sc.) CATIE, Turrialba (Costa Rica). 166 p.

Besseau, P.; Dansou, K. y Johson, F. 2002. The International Model Forest Network (IMFN): Elements of Success. The Forestry Chronicle 78(5):648-657.

Buch, M.; Jiménez, F.; Arze, J.; Velásquez, S. y Gálvez, J. 2004. Evaluación de la Vulnerabilidad y Riesgo de Desastres en la Subcuenca Matanzas, Río Polochic, Guatemala. Recursos Naturales y Ambiente (CATIE). Mar (N°41). Pp: 43-48

Campos, J.J.; Finegan, B. and Villalobos, R. 2001. Management of Goods and Services from Neotropical Forests Biodiversity: Diversified Forest Management in Mesoamerica. In: Assessment, Conservation and Sustainable Use of Forest Biodiversity. CBD Technical Series N° 3. Secretaria of the Convention on Biological Diversity. Montreal. Pp: 5-16.

Campos, J.J.; Finegan, B. y Villalobos, R. 2002 a. Manejo Diversificado del Bosque: Aprovechamiento de Bienes y Servicios de la Biodiversidad del Bosque Neotropical. In: II Congreso Forestal Latinoamericano, Bienes y Servicios del Bosque, Fuente de Desarrollo Sostenible. Evento realizado 1-3 agosto, 2002. Tikal Futura, Guatemala.

Campos, J.; Camacho, M.; Villalobos, R.; Rodríguez, C.M. y Gómez, M. 2002 b. Tala Ilegal en Costa Rica: Problemática y Propuestas de Solución. Biocenosis 16(1-2): 40-46

⁵ <http://www.fic.or.cr/>

Campos, J.J.; Stoian, D. and Villalobos, R. 2005 a. Innovation in Forestry for New Economical Streams with Emphasis on Latin America. *International Forestry Review* 7(5). Abstracts

Campos, J.J.; Villalobos, R. y Louman, B. 2005 b. Poor Farmers and Fragmented Landscapes in Central America. In: Sayer, J., Maginnis, S. Eds. *Ecosystem Approaches To Sustainability*. WWF International Forests for Life Programme, IUCN Forest Conservation Programme. EARTHSCAN Ed. Cap. 9. p. 129-146

Campos, J.J.; Alpizar, F.; Louman, B.; Parrotta y Porras, I. 2005 c. An Integrate Approach to Forest Ecosystem Services. 2005. In: Mery, G., Alfaro, R.; Kanninen, M.; Lobovikov, M. *Forest in the Global Balance -Changing Paradigms*. Vienna, Austria. IUFRO World Series Vol. 17. Pp: 97-116.

Carrera, F. y Prins, K. 2002. Desarrollo de la Política en Concesiones Forestales Comunitarias en Petén, Guatemala: El Aporte de la Investigación y Experiencia Sistematizada del CATIE. *Revista Forestal Centroamericana* no. 37:33-40

Carrera, F.; Stoian, D.; Campos, J.J.; Morales, J. y Pinelo, G. 2006. Forest Certification in Guatemala. In: Cashore, B; Gale, F; Meidinger, E; Newaom, D. (eds.) *Confronting Sustainability: Forest Certification in Developing and Transitioning Countries*. Report Number 8. Yale School of Forestry & Environmental Studies. Pp: 363-406.

Chirinos, R. y Jiménez, F. 2004. Metodología para la Gestión de Proyectos de Pago por el Servicio Ambiental Hídrico en Microcuencas Rurales de Honduras. *Recursos Naturales y Ambiente (CATIE)*. Nov no. 43 p.97-103.

Da Silva Dias, A.; Campos, J.J.; Villalobos, R.; Louman, B. y Gonçalves, L. 2002. Manejo Forestal Diversificado en una Comunidad Ribereña de la Amazonia Brasileña: Consideraciones Sociales y Silviculturales. *Revista Forestal Centroamericana* N° 38:78-84

Díaz, A.O. 2004. Manejo de Cuencas y Gestión del Riesgo a Desastres Naturales, en el Área de la Mancomunidad de los Municipios del Centro de Atlántida, Honduras. Honduras. Tesis (Mag. Sc.) CATIE, Turrialba (Costa Rica). 169 p

Dinerstein, E.; Olson, D.M.; Graham, D.J.; Webster, A.L.; Primm, S.A.; Bookbinder, M.P. and Ledec, G. 1995. A Conservation Assessment of the Terrestrial Ecoregions of Latin America and the Caribbean. The World Bank, Washington, D.C. 129 p.

FAO. 1997. State of the World's Forests 1997, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy, 200 p.

FAO. 2000. Global Forest Resources Assessment. FAO Forestry Paper 140. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome, Italy. 357 p.

Faustino, J. 2004. Organismos de Cuencas en Centroamérica. *Recursos Naturales y Ambiente (CATIE)*. Nov no. 43 p.5-8.

Ferroukhi, L. 2003. Ed. *La Gestión Forestal Municipal en América Latina*. CIFOR, Jakarta (Indonesia), CIID, Ottawa, ON (Canadá) San José (Costa Rica). 236 p.

Finegan, B. 1996. Pattern and Process in Neotropical Secondary Rain Forests: the First Hundred Years of Succession. *Trends in Ecology and Evolution* 11, 119-124.

Finegan, B.; Delgado, D.; Camacho, M. and Zamora, N. 2001. Timber Production and Plant Biodiversity Conservation in a Costa Rican Rain Forest: An Experimental Study and its Lessons for Adaptive

Sustainability Assessment. In A. Franc, O. Laroussinie and T. Karjalainen (Eds). Criteria and Indicators for Sustainable Forest Management at the Forest Management Unit Level. European Forestry Institute Proceedings N° 38, Pp: 123-134.

Finegan, B.; Navarro, G.A.; Delgado, D.; Ordoñez, Y. y Zea, Y. 2004 a. El Monitoreo Ecológico y el Manejo Forestal Sostenible: Un Enfoque Interdisciplinario para el Desarrollo de una Herramienta Práctica, con Énfasis en Bosques de Alto Valor para la Conservación Certificados por el FSC. 6. Semana Científica. Turrialba (Costa Rica). 11-12 Mar. Memoria. Serie Técnica. Reuniones Técnicas (CATIE). N° 9. Pp: 48-49

Finegan, B.; Hayes, J.; Delgado, D. y Gretzinger, S. 2004 b. Monitoreo Ecológico del Manejo Forestal en el Trópico Húmedo: Una Guía para Operadores Forestales y Certificadores con Énfasis en Bosque de Alto Valor para la Conservación. WWF, San José (Costa Rica). Oficina Regional para Centroamérica. CATIE, Turrialba (Costa Rica) 116 p.

García, A.; Campos, J.; Villalobos, R.; Jiménez F. y Solórzano, R. 2005. Gestión Integrada de Recursos Naturales a Escala de Paisaje. Serie Técnica Enfoques de Manejo de Recursos Naturales a Escala de Paisaje. Convergencia hacia un Enfoque Ecosistémico. Informe Técnico No. 340. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). 55 p.

García, A.F.; Campos, J.J. y Villalobos, R. 2006. Identificación y Selección de Áreas Piloto y Actores Sociales en el Bosque Modelo Reventazón, Costa Rica. Recursos Naturales y Ambiente N° 46-47.109-116.

Gálvez, J. 1996. Elementos Técnicos para el Manejo Forestal Diversificado de Bosques Naturales Tropicales en San Miguel, Petén, Guatemala. Tesis M.Sc., CATIE, Turrialba. 163 p.

Guillén, R.; Faustino, J.; Velásquez, S. y Solís, H. 2004. Modelación del Uso de la Tierra para Orientar el Desarrollo Territorial en la Subcuenca del Río Copán, Honduras. Recursos Naturales y Ambiente (CATIE). Mar (N° 41). Pp:122-129.

Ibisch, P.L.; Columba, K. y Reichle, S. 2002. Eds. Plan de Conservación y Desarrollo Sostenible para el Bosque Seco Chiquitano, Cerrado y Pantanal Boliviano. Ed. FAN, Santa Cruz de la Sierra, Bolivia.

Jiménez, F.; Faustino, J.; Campos, J.J.; Alpizar, F. y Velásquez, S. 2004 a. Experiencias de Pago por Servicios Ambientales en Cuencas en América Central. 6. Semana Científica. Turrialba (Costa Rica). 11-12 Mar 2004. Memoria. Serie Técnica. Reuniones Técnicas (CATIE). N° 9. Turrialba (Costa Rica). Pp: 54-57.

Jiménez, F.; Faustino, J.; Campos, J.J. y Velásquez, S. 2004 b. Análisis Integral de la Vulnerabilidad a Amenazas Naturales en Cuencas Hidrográficas de América Central. 6. Semana Científica. CATIE, Turrialba (Costa Rica) Memoria. Serie Técnica. Reuniones Técnicas (CATIE). N° 9. Pp: 50-53.

Jiménez, F. 2005. Gestión Integral de Cuencas Hidrográficas: Enfoques y Estrategias Actuales. Recursos, Ciencia y Decisión (CATIE). Ene (N° 2) 2 p.

Lamprecht, H. 1990. Silvicultura en los Trópicos. Trad. Antonio Carrillo. GTZ, Rossdorf. 335 p.

Louman, B. y Villalobos, R. 2001. El Desafío de la Tala Ilegal en América Latina Tropical. Revista Forestal Centroamericana (CATIE). Jul-Set. N° 35. Pp: 6-12.

Louman, B. y Stoian, D. 2002. Manejo Forestal Sostenible en América Latina: Económicamente ¿Viable o una Utopía? Revista Forestal Centroamericana (CATIE) Jul-Dic. N° 39-40. Pp: 25-32.

Louman, B.; Campos, J.J.; Schmidt, S.; Zagt, R. y Haripersaud, P. 2002. Los Procesos Nacionales de Certificación Forestal y su Relación con la Investigación Forestal: Interacciones entre Políticas y Manejo Forestal, Casos de Costa Rica y Guyana. Research and the national forest certification processes in Costa Rica and Guyana. Revista Forestal Centroamericana (CATIE). Ene-Mar. N° 37. Pp: 41-46.

Louman, B.; Garay, M.; Yalle, S.; Campos, J.J.; Locatelly, B.; Villalobos, R.; López, G. y Carrera, F. 2005. Efectos del Pago por Servicios Ambientales y la Certificación Forestal en el Desempeño Ambiental y Socioeconómico del Manejo de Bosques Naturales en Costa Rica. Serie Técnica Informe Técnico N° 338. Centro Agronómico Tropical de investigación y Enseñanza (CATIE). 31 p.

Madrigal, R. 2003. Efecto de los Incentivos Económicos y el Marco Institucional sobre el Uso del Agua en el Distrito de Riego Arenal Tempisque, Costa Rica. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE.

Marmillod, D.; Villalobos, R. y Robles, G. 1998. Hacia el Manejo Sostenible de Especies Vegetales del Bosque con Productos no Maderables: Las Experiencias de CATIE en esta Década [disco compacto]. En: Congreso Latinoamericano IUFRO (1., 1998, Valdivia, Chile). El Manejo Sustentable de los Recursos Forestales, Desafío del Siglo XXI. Valdivia, Chile. CONAF/IUFRO.

Marmillod, D.; Villalobos, R. y Robles, G. 1999. Consideraciones Metodológicas para Fijar el Aprovechamiento Permisible de Especies Vegetales no Maderables. En: Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Actas de la IV Semana Científica. Logros de la Investigación para el Nuevo Milenio. Turrialba, Costa Rica, 6 al 9 abril, 1999. Pp: 365-371.

Mayers, J. 2006. Poverty Reduction through Commercial Forestry. What evidence? What prospects? The Forests Dialogue. Yale University, School of Forestry and Environmental Studies. 36 p.

Mollinedo, A.C.; Campos, J.J.; Kanninen, M. y Gómez, M. 2002. Beneficios Sociales y Rentabilidad Financiera del Manejo Forestal Comunitario en la Reserva de la Biosfera Maya, Guatemala. CATIE, Turrialba (Costa Rica). Unidad de Manejo de Bosques Naturales. Serie Técnica. Informe Técnico (CATIE) N° 327. 36 p.

Mollinedo, A.; Campos, J.J.; Kanninen, M. and Gómez, M. 2002. Beneficios Sociales y Económicos del Bosque en la Reserva de Biósfera Maya, Petén, Guatemala. Revista Forestal Centroamericana CATIE. N° 34. Pp: 57-60.

Mc Ginley, K. y Finegan, B. 2002. Evaluación de la Sostenibilidad del Manejo Forestal: Determinación de un Estándar Integrado y Adaptativo para la Evaluación de la Sostenibilidad Ecológica del Manejo Forestal en Costa Rica. CATIE, Turrialba (Costa Rica), Serie Técnica. Informe Técnico (CATIE). N° 330. 75 p.

Méndez, J.A. 1996. Determinación de la Rentabilidad Financiera del Manejo del Bosque Natural en la Zona Norte de Costa Rica, en Fincas de Propiedad de Asociados de CODEFORSA. Tesis M.Sc. CATIE. Turrialba, Costa Rica. 89 p.

Murrieta, E. 2006. Caracterización de Cobertura Vegetal y Propuesta de una Red de Conectividad Ecológica en el Corredor Biológico Volcánica Central-Talamanca, Costa Rica. Tesis (Mag. Sc.) CATIE, Turrialba. 125 p.

Nasi, R.; Wunder, S. and Campos, J.J. 2002. Forest Ecosystem Services: Can they Pay our Way out of Deforestation? Discussion Paper Presented for the Forestry Roundtable of GEF and UNFF II, Costa Rica, March 11, 2002. New York. 29 p + annexes.

Nepstad, D. and Schwartzman, S. 1992. Non Timber Product Extraction from Tropical Forests. Evaluation of a Conservation and Development Strategy. Advances in Economic Botany 9 vii-xii.

- Noss, R.F. 1999.** Assessing and Monitoring Forest Biodiversity: A Suggested Framework and Indicators. *Forest Ecology and Management* 115, 135-146.
- Orozco, L.; Brumér, C. y Quiros, D. 2006.** Eds. Aprovechamiento de Impacto Reducido en Bosques Latifoliados Húmedos Tropicales. Serie Técnica. Manual Técnico (CATIE). N° 63. Turrialba (Costa Rica). 442 p.
- Panayotou, T. 1990.** Introduction: Multiproduct Forest Management - A Key to Sustainability? In: Status and Potential of Non-timber Products in the Sustainable Development of Tropical Forest. Proceedings of the International Seminar. ITTO. Kamakura, Japan, 17 November 1990. Pp: 3-8.
- Pearce, D.; Putz, F. and Vanclay, J. 1999.** A Sustainable Forest Future. CSERGE Working Paper GEC 99-15. Centre for Social and Economic Research on the Global Environment University College London. London. 67 p.
- Perdomo, M.; Galloway, G.; Louman, B.; Finegan, B. y Velásquez, S. 2002.** Herramientas para la Planificación del Manejo de Bosques a Escala de Paisaje en el Sudeste de Nicaragua. *Revista Forestal Centroamericana (CATIE)*. Abr-Jun. N° 38. Pp: 51-58.
- Peters, C. 1996.** Observations on the Sustainable Exploitation of Non-timber Tropical Forest Products. An Ecologist's Perspective. In: Ruiz, M.; Arnold, J.E.M. (eds.). *Current Issues in Non-timber Forest Products Research*. Proceedings of the Workshop "Research on NTPF", 28 August - 2 September 1995, Hot Springs, Zimbabwe. Bogor, Indonesia, Center for International Forestry Research. Pp: 19-39.
- Pineda, P.; Marmillod, D. y Ferreira, P. 1998.** Diseño y Aplicación de un Inventario Forestal Diversificado (productos maderables y no maderables) en Petén, Guatemala. In: BOLFOS; CIFOR; IUFRO. *Memorias del Simposio internacional sobre Posibilidades de Manejo Forestal Sostenible en América Tropical*. Santa Cruz, Bolivia, Proyecto de Manejo Forestal Sostenible. Pp: 264-269.
- Poore, D. (ed.) 1989.** No Timber without Trees. Sustainability in the Tropical Forest. London, UK, Earthscan Publications, 252 p.
- Putz, F.E.; Redford, K.H.; Robinson, J.G.; Finbel, R. and Blate, G.M. 2000.** Biodiversity Conservation in the Context of Tropical Forest Management. Environmental Department Papers, Biodiversity Series – Impact Studies. Paper N° 75. World Bank, Washington D.C. 80 p.
- Quirós, D. and Gómez, M. 1998.** Manejo Sustentable de un Bosque Primario Intervenido en la Zona Atlántica Norte de Costa Rica. Análisis Financiero. Serie Técnica. Informe Técnico No. 303. Colección Manejo Diversificado de Bosques Naturales. Publicación No. 13. CATIE. Turrialba, Costa Rica. 22 p.
- Quirós, D.; Vilchez, B.; Bermúdez, G.; Villalobos, R. y de Camino, R. 2004.** Plan Especial de Productos Forestales No Maderables. In. Orozco, L. (Ed.) *Planificación del Manejo Diversificado de Bosques Latifoliados Húmedos Tropicales*. Serie Técnica Manual Técnico N° 56. Centro Agronómico Tropical de investigación y Enseñanza (CATIE). Pp: 253-266.
- Ramirez, J.R. 2006.** Prioridades Sociales y Arreglos Institucionales para la Gestión Local del Corredor Biológico Volcánica Central-Talamanca, Costa Rica. Tesis (Mag. Sc.) CATIE, Turrialba. 112 p.
- Ramos, Z.S. 2003.** Estructura y composición de un paisaje boscoso fragmentado: Herramienta para el diseño de estrategias de conservación de la biodiversidad. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE.
- Rivas, H.; Kanninen, M.; Louman, B.; Finegan, B. y Galloway, G. 2000.** Zona Norte de Honduras: Daños Causados por el Huracán Mitch en Rodales Intervenidos y no Intervenidos. *Revista Forestal Centroamericana (CATIE)*. Abr-Jun. N° 30. Pp: 58-62.

Salafsky, N.; Margoluis, R. y Redford, K. 2001. Adaptive Management: a Tool for Conservation Practitioners. Biodiversity Support Program, Washington, DC (EUA). Washington, DC (EUA). 100 p.

Salazar, M.; Campos, J.J.; Villalobos, R.; Prins, C. y Finegan, B. 2005. Evaluación de la Restauración del Paisaje en el Cantón de Hojancha, Costa Rica. Recursos Naturales y Ambiente N° 45:81-90.

Sánchez, K.; Jiménez, F.; Velásquez, S.; Piedra, M. y Romero, E. 2004. Metodología de Análisis Multicriterio para la Identificación de Áreas Prioritarias de Manejo del Recurso Hídrico en la Cuenca del Río Sarapiquí, Costa Rica. Recursos Naturales y Ambiente (CATIE). Mar. N° 45. Pp: 88-95.

Sayer, J. y Campbell, B. 2004. The Science of Sustainable Development: Local Livelihoods and the Global Environment. Cambridge University Press, U.K. 268 p.

Sayer, J. 2005. Managing for Ecosystem Services: Science and Society. In CATIE. IV Conferencia en la Serie Interamericana de Conferencias Científicas Henry A. Wallace. Manejo Integrado de Servicios Ambientales en Paisajes Tropicales Intervenido. [Disco Compacto]. 1 Nov. Turrialba, CATIE

Segura, O.; Miranda, M.; Astorga, Y.; Solano, J.E.; Salas, F.; Gutiérrez, M.; Dierckxens, M. y Céspedes, M.M. 2004. Agenda Ambiental del Agua en Costa Rica. Universidad Nacional, Heredia (Costa Rica). Centro Internacional en Política Económica para el Desarrollo Sostenible. Heredia (Costa Rica). 192 p.

Serrano, M. 2005. Evaluación y Planificación del Manejo Forestal Sostenible en Escala de Paisaje en Hojancha, Costa Rica. Tesis (Mag. Sc.) CATIE, Turrialba (Costa Rica). 139 p.

Sitoe, A.A. 2000. A Patch-model for Managed Tropical Lowland Rain Forests in Costa Rica. Ph.D. Dissertation, CATIE, Turrialba, Costa Rica. 157 p.

Soudre, M.A. 2004. Factores que Influyen sobre las Características del Suelo y la Vegetación Secundaria Regenerada en Pasturas Abandonadas del Cantón de Hojancha, Guanacaste, Costa Rica. Tesis (Mag. Sc.) CATIE, Turrialba (Costa Rica). 111 p.

SCDB (Secretaría del Convenio sobre Diversidad Biológica). 2004. Enfoque por Ecosistemas. Directrices del Convenio sobre Diversidad Biológica. Montreal, Canadá. 55 p. Disponible en: <http://www.biodiv.org/doc/publications/ea-text-es.pdf>

TNC (The Nature Conservancy) y FCBC (Fundación para la Conservación del Bosque Seco Chiquitano). 2005. Informe Final de Proyecto: Planificación Ecorregional Complementaria del Bosque Seco Chiquitano. Santa Cruz, Bolivia.

Turcios, W.R. 1995. Producción y Valoración Económica del Componente Hídrico y Forestal de los Robledales de Altura bajo Intervenciones Silviculturales. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE. 97 p.

Turcios, M.X. 1999. Agua, Bosques e Hidroelectricidad, Consideraciones para el Pago de Servicios Ambientales en el Área de Conservación Cordillera Volcánica Central. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE.

IUCN (Unión Mundial para la Naturaleza). 2000. Enfoque de Ecosistemas. Quinta Reunión del Órgano Subsidiario de Asesoramiento Científico, Técnico y Tecnológico (Montreal, Canadá, del 31 de enero al 4 de febrero del 2000 (en línea). Consultado 12 feb.2005. Disponible en http://www.iucn.org/themes/pbia/wl/docs/biodiversity/sbstta5_s_ecosystem.pdf

UNESCO. 2000. Resolviendo El Rompecabezas del Enfoque por Ecosistemas. Las Reservas de la Biosfera en Acción. UNESCO, París. 32 p.

UNESCO. 2002. Reservas de Biosfera. Consultado: 27-10-2002. Disponible en: <http://www.unesco.org/mab/nutshell.htm#Origin>

Vandermeer, J.; Granzow de la Cerda, I. y Boucher, D. 1997. Contrasting Growth Rate Patterns in Eighteen Tree Species from a Post-hurricane Forest in Nicaragua. *Biotropica* (EUA). Jun 29(2):151-161.

Villalobos, R.; Chang, Y.; Marmillod, D.; Bedoya, R. y Leigue, L. 1998. Desarrollo de Criterios Silviculturales para el Manejo de *Quassia amara*, un Producto no Maderable del Bosque Tropical. In: Memoria del Simposio Internacional sobre posibilidades de manejo forestal sostenible en América Tropical. BOLFOR, CIFOR, IUFRO. Santa Cruz de la Sierra, Bolivia, 15-20 de julio de 1997. Pp: 64-70.

Villalobos, R.; Marmillod, D.; Ocampo, R.; Mora, G. y Rojas, C. 1999. Variations in the Quassin and Neoquassin Content in *Quassia amara* (*Simaroubaceae*) in Costa Rica: Ecological and Management Implications. *Acta Horticulturae* 502:369-376.

Villalobos, R. y Ocampo, R. (eds.). 1997. Productos no Maderables del Bosque en Centroamérica y El Caribe. Actas de la Consulta sobre la Situación de los Productos Forestales no Madereros, 17 al 21 de julio de 1995. Turrialba, Costa Rica, CATIE. Serie Técnica, Eventos Especiales N°1. 103 p.

Villalobos, R. 2001. Silvicultura para el Aprovechamiento de Plantas Medicinales a partir del Bosque Tropical. Experiencias del CATIE [Disco Compacto]. In: Memorias Primer Congreso Internacional de Plantas Medicinales y Aromáticas (1, 2001, Cali, Colombia). Desarrollo Agroindustrial, Conservación y Aprovechamiento como Instrumentos para el Desarrollo Sostenible. Universidad de San Buenaventura, Facultad De Ingeniería Agroindustrial. Del 13 Al 15 de agosto de 2.001. Pp: 587-600.

Villalobos, R. 2002. Inventarios de Productos Forestales no Maderables. Capítulo 8.3. In Orozco, L.; Brumér, C. 2002. Inventarios Forestales para Bosques Latifoliados en América Central. Serie Técnica. Manual Técnico no. 50. CATIE, Turrialba, Costa Rica. Pp: 190-202.

Villalobos, R. 2003. El Comercio de Productos no Maderables: Estímulo o Escollo para la Promoción del Manejo Forestal Sostenible. In: Cadenas de Producción para el Desarrollo Económico Local y el Uso Sostenible de la Biodiversidad. Compendio del Seminario Internacional. Managua, 17 al 19 de marzo del 2003. Pp: 26-28.

Watson, V.; Cervantes, S.; Castro, C.; Mora, L.; Solís, M.; Porras, I. y Cornejo, B. 1998. Abriendo Espacio para una Mejor Política Forestal. Estudio de Costa Rica. San José: Proyecto Políticas Exitosas para los Bosques y Gente. Tropical Science Center and Institute for Environment and Development. 136 pp.

Zea, Y.; Navarro, G. y Finegan, B. 2004. Análisis Económico del Manejo Forestal: Implicaciones en la Rentabilidad del Manejo al Aplicar Monitoreo Ecológico en Bosques bajo Certificación. RAAN, Nicaragua. 6 Semana Científica 2004. Memoria. Turrialba (Costa Rica). 11-12 Mar 2004. Serie Técnica. Reuniones Técnicas (CATIE). N° 9. Pp: 131-132.

BAMBÚES DE CLIMA TEMPLADO: UNA NUEVA OPCIÓN DE CULTIVO INDUSTRIAL EN CHILE.

Jorge Campos R. y Marlene González G.
Instituto Forestal, Sede Metropolitana. Chile. jcampos@infor.cl; magonzal@infor.cl

RESUMEN

Los bambúes son especies gramíneas que presentan una de las más altas tasas de crecimiento dentro de los vegetales. Algunos de ellos se desarrollan en climas templados y son aptos para importantes y variados usos: brotes comestibles, forraje, madera, producción de pulpa y papel, protección de taludes y riberas de ríos, artesanías, muebles, construcción, textiles, carbones industriales, productos químicos, etc. No obstante, la adaptación de especies exóticas de bambú aún no ha sido evaluada, con finalidad industrial, para las condiciones agroclimáticas de Chile. Existen referencias a determinadas especies, pero fundamentalmente con fines ornamentales.

En el año 2007, con el financiamiento de FONDEF-CONICYT, el Instituto Forestal inició el proyecto "Adaptación de especies de bambú de clima templado en Chile". Su objetivo es evaluar, mediante el establecimiento de plantaciones experimentales en Isla de Pascua y entre las regiones Metropolitana y de Aysén, la adaptabilidad y crecimiento de 28 especies exóticas de bambú de clima templado, más 2 especies autóctonas usadas como testigos. Las especies fueron seleccionadas de acuerdo a características de crecimiento y condiciones ambientales de sus lugares de origen, usando la experiencia de distintos especialistas, revisión bibliográfica y análisis con software especializado. Posteriormente, en las plantaciones se evaluará el número de brotes, dimensiones de los culmos (altura total y diámetro a 10 cm sobre el suelo), sobrevivencia y estado sanitario.

Se espera que la adaptación y plantación industrial de nuevas especies de bambú se convierta en una fuente adicional de ingresos para los agricultores, generándoles materias primas industriales y permitiendo su utilización para construcción, tutores, cercos, fabricación de muebles, alimento y otros usos potenciales, presentando además la ventaja adicional sobre las rotaciones forestales tradicionales, de poder ser cosechados anualmente.

El Plan de Difusión y Transferencia del proyecto considera el traspaso de los conocimientos adquiridos, la asistencia técnica a agricultores e industrias y la difusión de resultados, a través de publicaciones, seminarios y días de campo, entre otros.

En el presente apunte se entrega una síntesis del proyecto, una reseña de sus avances y una visión de los próximos pasos involucrados en esta investigación.

Palabras Clave: Productos forestales no madereros (PFNM), bambú, clima templado.

TEMPERATE CLIMATE BAMBOOS: A NEW OPTION OF INDUSTRIAL CULTURE IN CHILE

SUMMARY

The bamboos are grass species that have the highest growth rates within the plants. Some of them are developed in temperate climates with important uses: edible shoots, timber, pulp and paper production, protection of slopes and banks of rivers, handicrafts, furniture, construction, textile, industrial coal, chemicals and so on. However, the adaptation of exotic species of bamboo has not been evaluated yet, with industrial purpose, for the agroclimatical conditions of Chile. There are references to certain species, but essentially for ornamental purposes.

In 2007 INFOR, supported by FONDEF-CONICYT, began the project "Adaptation of temperate climate bamboo species in Chile", whose objective is to assess the adaptability and growth of 28 exotic species of temperate bamboo (plus 2 native species as witness), through the establishment of experimental plantations among metropolitan and Aysén regions, as well as Easter Island.

The species were selected according to their growth characteristics and environmental conditions in their places of origin. This was carried out using the knowledge of several specialists, literature review and analysis with specialized software. In the research will be evaluated the number of outbreaks, the dimensions of the summit (total height and diameter 10 cm on the ground), survival and phytosanitary state.

It is hoped that the industrial plantation and adaptation of these species will become a new source of income for farmers, supplying them industrial raw materials and allowing them the use as construction material, guardians, fences, furniture manufacturing, food, etc. These bamboos have an additional advantage, over the traditional forest cultures, because they can be harvested annually.

The Plan of Distribution and Transfer of the project considers the transfer of knowledge, technical assistance to farmers and industries and spread of results, through publications, seminars, field days, among others.

In this paper, a review of the project, its progress and a vision of the next steps involved in the research, are presented.

Key Words: Non timber forest product, bamboo, temperate climate.

INTRODUCCIÓN

Chile es considerado un país forestal por contar con una gran superficie de suelos de aptitud forestal y por haber desarrollado plantaciones forestales, las que cubren más de 2,2 millones de hectáreas. Sin embargo, todo este desarrollo se ha alcanzado básicamente con la plantación de 2 o 3 especies en forma mayoritaria (1,44 millones de ha de pino radiata y 585 mil hectáreas de eucaliptos), (INFOR, 2007)

Una forma de sostener y aumentar este desarrollo es a través de la diversificación de las opciones de producción, específicamente con la búsqueda de cultivos y de tecnologías que permitan aprovechar los recursos con la máxima eficiencia privada y social. En Chile aún existe una importante superficie de suelos de aptitud forestal que puede incorporarse a la actividad productiva con nuevos cultivos exóticos o nativos, pero para ello se requiere profundizar los conocimientos y orientar las acciones para lograr su ordenación bajo los criterios de sostenibilidad, independiente del uso que se este fomentando. En este contexto es deseable la diversificación de las especies forestales plantadas para la producción de fibra, madera y otros productos forestales no madereros (PFNM) (Campos, 2003).

En el mundo hay una gama muy importante de PFNM, entre los que se encuentran los bambúes, especies gramíneas que presentan las más altas tasas de crecimiento dentro de las especies vegetales, y que permiten su utilización en más de 1.500 productos diferentes.

A pesar que el bambú se ha empleado desde siempre, estos últimos años ha sido revalorizado por los países productores, modificando su empleo como materia prima de uso casi exclusivamente artesanal, hacia la generación de productos industriales. Ante la carencia de fibras naturales y productos leñosos para la producción de pulpa y papel, fabricación de muebles y elementos para la construcción, en algunos países, se han desarrollado y mejorado las tecnologías para ampliar la gama de usos del bambú y mejorar sus prestaciones. De igual manera, se han incrementado las plantaciones de las mejores especies de bambú, particularmente en los países con tradición en este rubro. China tiene cerca de 6 millones de ha de plantaciones, Brasil alcanza a 200.000 ha, e India ha desarrollado recientemente un plan para plantar 2 millones de ha, en los próximos 10 años.

Los bambúes no reemplazan a las especies leñosas, para las cuales la tecnología de procesamiento está específicamente adaptada. Por el contrario, se ha demostrado que la producción de bambú puede ser complementaria a las plantaciones forestales existentes, agregando nuevos productos, tales como brotes comestibles, textiles, y otros. Adicionalmente, es importante indicar que un alto porcentaje de la infraestructura existente para procesar especies leñosas puede ser utilizada de igual manera para el procesamiento de bambúes lignificados, como es el caso de la industria de pulpa y papel, tableros encolados, tableros aglomerados, chapas y muebles, principalmente.

A nivel mundial existen aproximadamente 1.350 especies de bambúes, (Hidalgo – López, 2003) un grupo de los cuales se desarrolla en climas templados, soportando temperaturas de hasta -22° C. Tienen importantes usos, como brotes comestibles para humanos, hojas palatables para animales, madera, fibra para producción de pulpa y papel, fibra para producción de textiles, protección de taludes, riveras de ríos, producción de artesanías, muebles, elementos para la construcción y muchos otros usos.

La situación en los distintos países de América Latina, en lo que respecta a la investigación y empleo productivo de los bambúes, tanto locales como introducidos, es desigual, e incluso en muchos de ellos se aprecia una destrucción progresiva de este recurso, por explotación indiscriminada o habilitación de terrenos para agricultura, ganadería o forestación (Botero et al., 2006).

En Chile, existen 13 especies de bambúes nativos, todas pertenecientes al género *Chusquea*, que se caracterizan por ser sólidos, de pequeño diámetro y baja altura. Se ha trabajado en proyectos para su utilización, tales como el Proyecto de Tableros Ornamentales, el Proyecto de Carbón y Derivados y el de Transferencia, cuyo resultado principal contemplaba la formación de una central de acopio de coligüe.

Adicionalmente, y considerando las evidencias de modificaciones futuras del clima a nivel mundial, se reafirma la hipótesis de disponer de una gama más amplia de especies que puedan prosperar en condiciones diferentes y de borde, sustituyendo o complementando a las especies vegetales actuales, que podrían verse afectadas negativamente por un alza en las temperaturas, aumento o disminución de lluvias, etc. Por lo mismo, existe un mayor consenso de la conveniencia de desarrollar proyectos de este tenor, dado los cambios climáticos que se registran en el mundo y en particular los que pueden afectar a Chile. El disponer de otras especies de uso industrial, que tienen un amplio grado de dispersión climática, es favorable frente a contingencias de este tipo, particularmente cuando se trata de un recurso complementario, que no sustituye a otros y que por el contrario, amplía la gama de opciones productivas. Adicionalmente, el bambú es uno de los mejores protectores de suelos y es muy adecuado para plantarlo en quebradas y bordes de cursos de agua, cumpliendo el doble papel de protector y productor, especialmente por su sistema de rizomas y raíces y por su constante generación de brotes y culmos. (Ramanuja Rao

Siendo los bambúes un grupo de especies que cobran notoria importancia a nivel mundial, por las características ya señaladas y por ser una de las mejores opciones para la más pronta producción de fibras y biomasa, Chile como país e INFOR como institución especializada del Sector Forestal, participan de estos desarrollos.

En este marco, FONDEF-CONICYT, en su XIII Concurso Nacional de Proyectos de Investigación y Desarrollo, aprobó el proyecto "Adaptación de especies de bambú de clima templado en Chile", coordinado por INFOR y que además cuenta con la participación de MOST (Ministerio de Ciencia y Tecnología de la República Popular China), AGCI (Agencia de Cooperación Internacional del Gobierno de Chile), empresas y propietarios particulares. Dicho proyecto comenzó sus actividades en marzo del año 2007.

El objetivo planteado es evaluar la adaptabilidad y crecimiento de 28 especies exóticas de bambú de clima templado, en Isla de Pascua y entre las regiones Metropolitana y de Aysén, a través del establecimiento de plantaciones experimentales. Apunta a encontrar nuevas alternativas productivas y a futuro conocer su manejo, industrialización, utilización y comercio; por ende hay importantes impactos económicos y sociales al aportar a la sociedad opciones de desarrollo productivo y social en armonía con el medio.

Las oportunidades de generar nuevos productos en períodos más cortos, con cosechas anuales en diversos ambientes nacionales, son una ventaja para campesinos y agricultores,

de manera de permitir obtener ingresos anuales, a diferencia de los plazos conocidos para los cultivos forestales más tradicionales, que exigen rotaciones más largas. La posibilidad de disponer de nuevas especies vegetales que permiten múltiples usos y que pueden vivir en una diversidad de ambientes, contribuirá a mejorar las condiciones de vida de la población rural, especialmente los pequeños campesinos y medianas empresas agrícolas, al diversificar su matriz productiva, dando un mayor énfasis a la promoción de desarrollo de los pequeños y medianos propietarios forestales y apoyando la consolidación y renovación tecnológica del sector.

ANTECEDENTES GENERALES DEL PROYECTO

Hasta la fecha no se ha estudiado la posibilidad de adaptar, con fines industriales, especies exóticas de las mejores especies de bambú, a las condiciones agroclimáticas de Chile. Sólo hay pequeñas muestras de adaptación de algunas especies de bambú, las que fueron traídas a Chile básicamente con fines ornamentales. La excepción ha sido el esfuerzo hecho por la Universidad Austral de Chile (UACH), que instaló en Valdivia un bambucetum para fines científicos y de investigación, con más de 55 especies, algunas de las cuales se han desarrollado en forma promisoría (Figura N° 1).

La adaptación y plantación industrial de algunas especies de bambú, podrá constituir una nueva fuente de ingresos para los agricultores, tanto por poder entregar al mercado materias primas de carácter industrial (por ejemplo principios activos para la medicina y agricultura), como por su utilización directa en el campo (en construcción, tutores, cercos, elementos para la fabricación de muebles, brotes comestibles, etc.). Debe considerarse también la generación de nuevas fuentes de trabajo, protección del suelo y medioambiente y la sustitución de importaciones.



Figura N° 1
 ESPECIES DE BAMBÚ DE LOS GÉNEROS *Phyllostachys*, *Bambusa* y *Chusquea*, CRECIENDO EN CHILE (Fotos: J.Campos)

Sobre la base expuesta, el proyecto plantea que mediante una adecuada selección de especies, basada en sus características específicas y en las condiciones agroclimáticas de origen y destino, es posible establecer y comprobar en terreno, la adaptabilidad de diversas especies de bambú de clima templado, en distintas regiones del país. Esto será llevado a cabo mediante una investigación que involucra el establecimiento de parcelas experimentales donde se evaluarán la supervivencia y crecimiento de los bambúes exóticos, se compararán con dos especies de bambú autóctonas y finalmente se usarán en plantaciones comerciales.

SELECCIÓN DE ESPECIES

La selección de las especies a considerar en el proyecto se basó en información generada en investigaciones extranjeras, en cuanto a las características de cada especie, condiciones ambientales en sus lugares de origen, su forma de crecimiento, propiedades físico-mecánicas, tecnología de uso, comercialización y otras variables que se podrán ajustar en función de sus respuestas adaptativas a las condiciones nacionales. Entre las variables consideradas están las siguientes:

- Rango de precipitación
- Tolerancia a periodos secos
- Rango de temperaturas máximas y mínimas
- Tolerancia al frío
- Diámetros máximos
- Alturas máximas
- Condiciones agroclimáticas en general
- Usos

Se realizó consultas a distintos especialistas, revisión bibliográfica, revisión de información disponible en internet, experiencia de los participantes en el proyecto y otros antecedentes, destacándose las siguientes instancias:

Software especializado de INBAR (Red Internacional del Bambú y el Ratán) "Bamboo species – to – Site Matching", el cual permite identificar las especies aptas para diferentes regiones climáticas del mundo y entrega información de cada especie en cuanto a requerimientos agroclimáticos, temperaturas, usos y otras variables. Es una primera aproximación a las especies posibles de cultivar, pero que debe ser revisada con especialistas que puedan señalar particularidades de las especies y su silvicultura.

Se acudió a la revisión del listado de las 20 especies de bambú seleccionadas como las mejores en el mundo por INBAR. (INBAR 2003)

Se consultó bibliografía especializada con las características de las especies de mayor tamaño que crecen en clima templado. (Villegas, 1996; VII World Bamboo Congress, 2006; Shilling et al., 1994).

Se consultó a un especialista en silvicultura de bambú, Consultor de FAO, a cargo de la Oficina para América Latina de INBAR, en Guayaquil.

Se aprovechó la experiencia y conocimientos propios del equipo de trabajo del proyecto.

Se contó con la asesoría de los Profesores Zhu Zhaoua y Wang An Guo, expertos de China en materia de introducción de especies de bambú e industrialización de éstos.

Cabe recordar, que el desarrollo de investigación y tecnologías para las bambusáceas está muy avanzado a nivel mundial, por ello la mayor parte de las especies conocidas han sido probadas en distintas regiones del mundo y también se tiene claridad respecto a los usos principales de cada una de ellas.

Finalmente se seleccionó 28 especies de bambusáceas exóticas (Cuadro N° 1), cuyos propágulos serán traídos desde China, Ecuador y Bélgica. También se considerará dos especies chilenas que actuarán como testigo en los ensayos: *Chusquea culeou* (coligüe) en la Zona sur y *Chusquea cumingii* (quila del norte) en la zona Centro Norte.

Cuadro N° 1
LISTADO DE ESPECIES A ENSAYAR

N°	Nombre científico	Lugar de origen para importación
1	<i>Bambusa multiplex</i>	Ecuador, China
2	<i>Bambusa perviabilis</i>	Ecuador
3	<i>Bambusa tulda Roxburgh</i>	Ecuador
4	<i>Bambusa tuldoidea</i>	Ecuador
5	<i>Bambusa ventricosa McClure</i>	Ecuador
6	<i>Bambusa vulgaris Schrader ex Wendland</i>	Ecuador
	<i>Bambusa vulgaris var. Vittata A.&C. Rivière</i>	Ecuador
7	<i>Cephalostachyum pergracile</i>	China
8	<i>Dendrocalamus giganteus</i>	China
9	<i>Dendrocalamus latiflorus</i>	China
10	<i>Dendrocalamus strictus</i>	China
11	<i>Gigantochloa apus</i>	China
12	<i>Gigantochloa levis</i>	China
13	<i>Gigantochloa sp</i>	China
14	<i>Guadua amplexifolia</i>	Bélgica
15	<i>Ochlandra spp.</i>	China

16	<i>Phyllostachys atrovaginata</i>	Bélgica, China
17	<i>Phyllostachys bambusoides</i>	China
18	<i>Phyllostachys heteroclada</i>	China
19	<i>Phyllostachys glauca</i>	China
20	<i>Phyllostachys heterocycla</i>	China
21	<i>Phyllostachys humilis</i>	Bélgica
22	<i>Phyllostachys nidularia</i>	China
23	<i>Phyllostachys nigra</i>	China
24	<i>Phyllostachys pubescens</i>	China
25	<i>Phyllostachys viridis</i>	China
26	<i>Pseudoarundinaria spp.</i>	China
27	<i>Sasa palmata</i>	Bélgica
28	<i>Sasa tsuboiana</i>	Bélgica

SELECCIÓN DE SITIOS E INSTALACIÓN DE ENSAYOS

Para determinar la adaptación de las especies, se probarán en diferentes zonas del país, abarcando desde la Región Metropolitana hasta la Región de Aysén, incluyendo además a la Isla de Pascua. El proyecto plantea hacer parcelas experimentales en zonas de cordillera y costa en diferentes latitudes, de manera de representar diferentes regiones agroclimáticas. Se incluyen 10 zonas agroclimáticas, distribuidas en 18 sectores. Los sectores seleccionados corresponden a los indicados en Cuadro N° 2.

Cada parcela estará formada por 30 plantas, establecidas con un espaciamiento de 3x3 m. De esta manera cada especie ensayada ocupará una superficie de 270 m². Entre parcelas se mantendrá el mismo espaciamiento que se dispone entre plantas. En promedio, en cada sector se abarcará una superficie de 0,4 ha (15 parcelas de 270 m² cada una) y la distribución de las especies se realizará en forma aleatoria.

Cuadro N° 2
SECTORES CON REPETICIONES, SEGÚN ÁREAS A ENSAYAR

ZONAS		SECTORES A ENSAYAR		
1	Patagonia	Aysén		
2	Chiloé	Quemchi	Castro	
3	Pto. Montt	Calbuco	Puerto Varas	
4	Valdivia	Panguipulli	Valdivia	Neltume
5	Temuco	Villarrica		
6	Victoria	Toltén		
7	Concepción	Los Álamos	Cañete	

8	Talca	Curicó	
9	Santiago	Talagante	
10	Islas	Isla de Pascua	

La investigación contempla evaluar la supervivencia y crecimiento de los bambúes para su posterior uso en plantaciones comerciales. Las plantas a medir serán las 12 centrales, evitando así los efectos de borde. En cada medición se evaluarán los siguientes parámetros:

Altura total

Diámetro a 10 cm sobre el suelo

Supervivencia

Estado sanitario

Adicionalmente, se identificará cada brote nuevo y se la harán todas las mediciones señaladas.

La periodicidad de los controles será variable a través del tiempo: durante el primer año las evaluaciones serán trimestrales y a partir del segundo año se realizarán en forma semestral, haciendo el seguimiento a cada culmo.

Basado en los requerimientos y plazos establecidos por el Servicio Agrícola y Ganadero (SAG) para la internación de las plantas desde distintos orígenes, se programó la instalación de los ensayos comprometidos en 2 grupos, de acuerdo a la posibilidad real de disponibilidad de plántulas de diferentes especies en el país:

Las primeras plantaciones se harán en el invierno del 2008, considerando 10 especies diferentes: 7 especies del género *Bambusa* procedentes de Ecuador, 1 especie del género *Chusquea* producidas en Chile y 2 especies de *Phyllostachys* (*P. pubescens* y *P. alba*) también producidas en Chile. La plantación siguiente se hará en el invierno de 2009, fecha en que dispondrá de las especies restantes que se encuentran en proceso de internación desde China y Bélgica.

AVANCES DEL PROYECTO

Ingreso de Material Vegetal

La internación de las especies de bambú consideradas en el proyecto se ha estado tramitando en concordancia con las regulaciones y procedimientos dispuestos por el Servicio Agrícola y Ganadero (SAG), organismo encargado de velar por la sanidad vegetal de Chile (en Anexo N° 1 se detalla este procedimiento).



De las especies seleccionadas (Cuadro N° 1), solamente aquellas pertenecientes al género *Bambusa* cuentan con una normativa vigente que regula su internación, la cual está contenida en la Resolución SAG N° 1.877/2001. Esta resolución establece que el ingreso debe estar amparado por un Certificado Fitosanitario emitido por la Organización Nacional de Protección Fitosanitaria (ONPF) del país de origen, incluyendo como declaración adicional que: "El lugar de producción de las plantas ha sido oficialmente inspeccionado durante el último periodo de crecimiento activo y encontrado libre de *Opogona sacchari* (Lepidoptera, Tineidae) y que la partida se encuentra libre de *Raopholus similis* y *Platylenchus penetrans*", no siendo necesaria una cuarentena de post-entrada.

Para el resto de las especies, el SAG ha confirmado que no existen regulaciones específicas, por lo tanto se ha requerido cumplir con todos los pasos indicados en el Anexo N° 1 y efectuar un Análisis de Riesgo de Plagas (ARP) en forma diferenciada de acuerdo a los orígenes del material vegetal a internar. Estas plantas provendrán desde Bélgica y la República Popular China, y se ha estado avanzando en forma diferenciada en la tramitación de cada una de estas fases:

Bélgica: Como integrante de la CEE, la tramitación de esta documentación está amparada por el Tratado de Libre Comercio entre Chile y la CEE. La información requerida fue preparada por la ONPF de este país y está siendo procesada por la Unidad de ARP del SAG en Chile y utilizada para la confección del ARP respectivo.

República Popular China: El AQSIQ¹, entidad homóloga del SAG en China, recopiló la información solicitada y fue entregada a la Embajada de Chile en China, quienes realizaron la traducción oficial de dicha documentación a inglés y español. Esta información ya fue recibida oficialmente por la Unidad de ARP del SAG en Chile, y está trabajando en la confección del ARP respectivo.

Actividades de Coordinación con Expertos Internacionales

Se ha realizado gestiones ante el gobierno chino a través del MOST (Ministerio de Ciencia y Tecnología) y de la Embajada de China en Chile. El MOST invitó a China al director del proyecto y se firmó un convenio con una entidad local, LMFTSC (Lin'an Modern Forestry Technological and Cientific Centre), de la Provincia de Zhejiang, en el que se establece la donación de un número importante de plántulas de 18 diferentes especies a Chile, las que están en tramitación para su internación.

Reconociendo también la importancia de contar con el apoyo y asesoría de expertos internacionales durante la ejecución del proyecto, especialmente durante la selección de sitios y especies, se contactó a la Agencia de Cooperación Internacional de Chile (AGCI), solicitando su asistencia para traer especialistas en bambú desde la Provincia de Zhejiang, solicitud que fue aceptada bajo la línea de Cooperación Técnica entre Países en Desarrollo / Fomento Productivo y que financió la misión de 2 profesionales chinos, los profesores Zhu Zhaohua y Wang Anguo.

¹ AQSIQ. Sigla en inglés del Departamento de Supervisión de Calidad, Inspección y Cuarentena de la República Popular China (Nota del editor)

La visita al país de los profesionales chinos se desarrolló entre los días 26 de marzo y 9 de abril de 2008, y abarcó actividades entre las Regiones de Valparaíso y de Los Lagos. Se realizaron charlas en la región Metropolitana y de Los Ríos, sobre la Sustentabilidad de los bosques de Bambú en China, considerando aspectos de desarrollo y de mercado. Incluyó también, la visita a un número importante de los sitios seleccionados para la instalación de los ensayos, donde se realizaron sugerencias y se entregaron las principales directrices para la preparación de suelo, en cada caso. Además, pudieron acceder a formaciones naturales de *Chusquea cumingii* en las proximidades de Valparaíso y otras Chusqueas en la Zona Sur, así como también, conocer la experiencia de la Universidad Austral con su bambucetum.

Los expertos han señalado que, los sitios recorridos presentan excelentes condiciones para la plantación de varias de las especies seleccionadas, y esperan que haya un gran desarrollo futuro en esta área, comparando la zona con una de las de mayor producción e industrialización de bambú en China.

Se ha iniciado la programación de una gira tecnológica y comercial, junto con propietarios y empresarios, para el reconocimiento en terreno de empresas, incluyendo viveros, plantaciones, instalaciones industriales de procesamiento y unidades de comercialización en el extranjero. A su vez se está evaluando la posibilidad de hacer coincidir esta actividad con el Taller Internacional sobre PFNM dentro de los cuales se encuentra el Bambú, a realizarse en el mes de septiembre próximo en China.

Instalación de Ensayos

Se han formalizado Convenios de Colaboración con los dueños de los sitios seleccionados para establecer los ensayos. Estos convenios detallan las obligaciones de ambas partes durante el desarrollo del proyecto y la responsabilidad de estas con las unidades a instalar. Existen 15 convenios activos con entidades internacionales, entidades públicas, empresas y propietarios particulares y se trabaja en la formalización de convenios adicionales, de manera de poder abarcar la mayor cantidad de zonas agroclimáticas.

En los sitios seleccionados se iniciaron los trabajos de habilitación, de manera que estén en condiciones de ser plantados próximamente. Estos trabajos consistieron en la preparación del suelo e instalación de cercos. Posteriormente, si se considera necesario, se instalarán protectores individuales a las plantas, con el objeto de prevenir daños causados por roedores o lagomorfos; se realizará trabajo del suelo hasta una profundidad de 40 cm, control de malezas y fertilización específica para cada zona de ensayo.

Pruebas de Micropropagación

Paralelamente a la obtención de plántulas de diferentes orígenes, se evaluarán en el laboratorio de cultivo de tejidos de INFOR, protocolos de micropropagación para algunas de las especies presentes en Chile. Esta evaluación se ejecuta sobre la base de los protocolos existentes para la especie en el extranjero. Los resultados de esta evaluación son inciertos, esperándose éxito sólo para las especies simpodiales, no así para las monopodiales; constituye

una actividad adicional del proyecto y no se ha considerado como una opción para el suministro de plantas para los ensayos

PRÓXIMOS PASOS DEL PROYECTO

Difusión y Transferencia

Para concretar los objetivos planteados, es necesario responder y satisfacer demandas de información para estas nuevas especies de bambú, manejo de las mismas y de su productividad, entre otras, que demuestren que es un recurso forestal promisorio para Chile y atractivo para mercados locales por la diversidad de usos alternativos.

Para fortalecer las capacidades de los productores, el proyecto considera actividades demostrativas y de aplicación operativa de las mismas, con el objeto de asegurar que los conocimientos sean efectivamente transferidos a los usuarios.

Se capacitará a viveristas, propietarios y técnicos en la propagación de las especie de bambú, tanto con las técnicas probadas por el proyecto, como con otras de distinto origen. Durante el establecimiento de las unidades o ensayos, se integrará activamente al propietario, de manera de entregarle antecedentes referidos a la plantación de estas especies. Además, se programarán días de campo demostrativos de las técnicas de establecimiento probadas por el proyecto; éstos se distribuirán dentro de las regiones de estudio, de manera de hacerlos más accesibles a los asistentes. Se contemplan refuerzos de los conocimientos con la entrega de material de apoyo, especialmente escrito. Se contempla también la generación de 3 boletines técnicos que contendrán toda la información necesaria para la multiplicación, viverización y establecimiento de plantaciones de bambú con fines industriales, diferenciando especies aptas según región agroclimática, los que serán distribuidos a propietarios e instituciones relacionadas.

Respecto a lo mecanismos para asegurar los impactos del proyecto, se contempla la implementación de un sitio web que ponga a disposición pública las actividades y resultados del proyecto, incluyendo información de especies, productos y mercados potenciales para los vinculados e interesados en el bambú. En primera instancia serán el portal www.gestionforestal.cl, sitio que ha demostrado ser exitoso, lo que se comprueba a través del registro de visitas y las demandas de información técnica, económica y de contactos, además del sitio institucional www.infor.cl, ambos actualizados en forma permanente por INFOR.

Se realizará un Seminario Final, para la presentación y discusión de avances tecnológicos, para la difusión más amplia del proyecto y de sus resultados. Se convocará a investigadores, productores, técnicos, profesionales y empresarios ligados al bambú, para que presenten sus trabajos y experiencias, con el fin de reunir los avances en las diferentes temáticas ligadas a este recurso y favorecer el intercambio de opiniones.

COMENTARIOS FINALES

De la gran gama de productos posibles de desarrollar con bambú, el proyecto se focalizará en aquellas especies que presenten ventajas comparativas y mejor adaptabilidad para la producción de: materiales para la construcción, brotes comestibles y fibras para pulpa, papel, tableros y textiles. Hay que considerar también que una misma planta puede ser considerada multipropósito, ya que las diferentes partes de estas especies permiten ser usadas en diferentes usos, maximizando así su utilidad y rendimiento. Efectivamente, las dos primeras trozas de un culmo son aptas para la producción de madera para tableros, parquet y muebles, las siguientes para la producción de pulpa y papel, las siguientes para textiles, las siguientes para tutores, las ramas y hojas para forraje y los rizomas para artesanías.

Respecto al cultivo de diferentes especies de bambúes, tiene gran importancia la reducción de tiempo en la generación de materia prima sustitutiva de la madera, de ahí el interés manifestado en forma creciente, en reuniones forestales y de Productos Forestales No Madereros (PFNM) en distintos países del mundo.

Por otra parte, se ha percibido alguna preocupación por la eventual capacidad invasora de los bambúes. Esta se ha originado en el ámbito de la jardinería, donde la "invasión" se produce en distancias muy cortas (algunos metros) y en especies ornamentales. Sin embargo, la mayoría de las especies de bambú no presentan esta característica, por el contrario, muchas de ellas se encuentran en franca regresión en diversos lugares del mundo. Al respecto, se debe recordar que las especies comerciales se reproducen mayormente por rizomas, de modo que si fuera necesario, es fácil limitar su expansión mediante una zanja de 40 cm o una barrera física enterrada en el suelo. Aún así, estas medidas no suelen ser necesarias, por cuanto la misma explotación del bambú va controlando su regeneración.

Otro antecedente que refuta el potencial invasor del bambú es el hecho de que su semillación se produce a intervalos muy largos (años) y que sus semillas normalmente se mantienen viables por solo uno o dos años. Como contrapartida, especies reconocidamente invasoras, como por ejemplo el *Ulex europea*, produce semillas profusamente en forma anual y la viabilidad de las mismas se mantiene por periodos de hasta 50 años. La evidencia más clara del bajo poder invasor de los bambúes se verifica en el Bambucetum de la Universidad Austral de Chile, donde existen más de 50 especies distintas y no se ha observado su expansión fuera de la unidad.

REFERENCIAS

Botero, L.F.; Charry, A.M.; Castaño, F. y Campos, J. 2006. Asistencia Técnica y Organizacional para el procesamiento industrial de la guadua (*Guadua angustifolia*). FAO. Santiago, Chile. 94p.

Campos, J. (ed.). 2003. Bambú en Chile. INTEC – UACH – FONDEF. Santiago, Chile. 144 p.

Hidalgo-Lopez, O. 2003. Bamboo, the Gift of the Gods. Colombia 553 p.

INFOR. 2007. Estadísticas Forestales Chilenas 2006. Boletín Estadístico N° 117. Instituto Forestal,

Santiago, Chile. 163p.

Villegas, M.; Manzur, D.; Velez, S.; Mutis, S. y Arango, J. (eds). 1996. Bambusa Guadua. Colombia. 175p.

VII World Bamboo Congress. 2004. Abstracts. Nueva Dheli, India. 174 p.

Shiling, Z.; Naixun, M. and Maoyi, F. 1994. A Compendium of Chinese Bamboo. China Forestry Publishing House. 241 p.

ANEXO N° 1**Procedimiento para Internación de Especies Vegetales a Chile**

1. Envío de Formulario N° 1 "SOLICITUD DE AUTORIZACIÓN DE IMPORTACIÓN DE ARTÍCULOS REGLAMENTADOS (planta, producto vegetal, organismos o materiales capaz de dispersar plaga)" a Oficina SAG del área (Provincial o Regional), quien indica si existe normativa para el ingreso de la especie vegetal. Debe enviarse un formulario por cada especie vegetal que se desea importar (Resolución SAG N° 3.815/2003, modificado según Resolución SAG N° 2781/2006)
2. De ser especies reguladas, su ingreso debe regirse por la normativa vigente para ella, en cambio, cuando corresponden a especies vegetales no reguladas, se debe contactar con el exportador y solicitar la tramitación del Formulario N° 2 "INFORMACION REQUERIDA PARA INICIAR EL ANÁLISIS DE RIESGO DE PLAGA (ARP) PARA LA IMPORTACIÓN DE PRODUCTOS DE ORIGEN VEGETAL A CHILE" en país de origen. Nuevamente, es un formulario por cada especie (Resolución SAG N° 3.815/2003).

Según FAO, un Análisis de Riesgo de Plagas (ARP) corresponde al Proceso de evaluación de los testimonios biológicos, científicos y económicos para determinar si una plaga debería ser reglamentada y la intensidad de cualesquiera medidas fitosanitarias que han de adoptarse para combatirla. Es decir, consiste en identificar las plagas relacionadas con las plantas, evaluar sus riesgos y, de ser apropiado, identificar las opciones de manejo del riesgo con el fin de lograr el nivel de tolerancia.

3. La Organización Nacional de Protección Fitosanitaria (ONPF) del país de origen envía respuesta oficial al SAG, a través del envío del formulario N° 2 por cada especie vegetal con la información necesaria para dar inicio al ARP, siendo la entrega de esta información condición para el inicio de cualquier análisis.
4. Desarrollo del ARP para cada especie vegetal, por parte de la Sección Análisis de Riesgo de Plagas del SAG.
5. SAG genera un Borrador de norma con requisitos de entrada para cada especie, la que puede autorizar el ingreso o establecer medidas cuarentenarias, por ejemplo, Período y Lugar de cuarentena, Declaración adicional en Certificado fitosanitario, Aplicación de Tratamiento Cuarentenario, etc. Este borrador es sometido a Consulta Pública, la que tiene una duración de 60 días.
6. Una vez finalizado el periodo de consulta, y después de revisar las consideraciones obtenidas de ese proceso, el SAG finalmente publica la Resolución Final en Diario Oficial.
7. A partir de ese momento es posible ingresar el material vegetal, siguiendo las indicaciones contenidas en dicha Resolución.

DOMESTICACIÓN DE ESPECIES FORESTALES NATIVAS EN ARGENTINA.

Leonardo Gallo, Luís Fornés y Anibal Verga. Coordinadores de proyectos. Instituto Nacional de Tecnologías Agropecuaria (INTA). Argentina. lgallo@bariloche.inta.gov.ar

RESUMEN

En los últimos quince años la producción de madera aserrada ha sido uno de los rubros del sector forestal que más ha aumentado (80%) en Argentina, esperándose un aumento constante para los próximos 20 años, vinculado principalmente a un importante impulso de las exportaciones. Este producto absorbe mejor el costo de los fletes y se ajusta mejor a las posibilidades de producción de pequeños y medianos productores alejados de las grandes industrias del papel y de los grandes centros de consumo. La madera de calidad ha provenido principalmente de bosques nativos.

En los últimos cinco años se han incorporado más de un millón de hectáreas de tierras forestales (remanentes de bosques explotados) a la agricultura. Por otro lado se ha desplazado a la ganadería a áreas más marginales, entre ellas al bosque nativo, agregando mayor presión sobre estos recursos. Además de las tierras forestales o con bosques secundarios (remanentes de cortas) que se pierden anualmente, en los últimos 10 años se han perdido en Argentina por corta o habilitación de tierras para la agricultura y ganadería unas 285.000 ha de bosque nativo productivo, siendo la pérdida general en los últimos 100 años de alrededor de 70 millones de hectáreas.

La extracción de la madera del bosque nativo conlleva no solo a una ineficiente utilización del recurso natural sino también a la pérdida de valiosa información genética de las especies arbóreas de interés. Para el futuro inmediato se prevé una falta de madera de calidad producto de la drástica disminución de la superficie de bosque nativo y un consecuente aumento del precio de la misma.

Este proyecto propone generar los conocimientos y la tecnología para paliar este déficit, y permitir el cultivo de algunas especies forestales nativas de aptitud comercial. También pretende establecer las bases de un programa de domesticación y mejora a largo plazo que contemple la conservación del recurso genético. El Proyecto se concentrará en tres grandes ecoregiones del país: Chaco, Selvas Subtropicales (Misionera y Yungas) y los Bosques Andino-Patagónicos. Los géneros elegidos son *Prosopis*, *Cedrela* y *Nothofagus*, y dentro de ellos trece especies que serán tratadas con diferente nivel de intensidad.

En las tres ecoregiones consideradas falta material de propagación genéticamente mejorado y conocimientos tecnológicos para cultivarlo y manejarlo en forma eficiente. Por este motivo la estrategia de intervención se basa en tres módulos: Genética, Silvicultura y Ecofisiología.

Palabras clave: Domesticación, *Nothofagus*, *Cedrela*, *Prosopis*

BREEDING OF NATIVE FOREST SPECIE IN ARGENTINA

SUMMARY

Timber production has been one of the headings of the forest sector that has more increased (80%) in Argentina in the last fifteen years, being expected a constant increasing for next the 20 years, mainly linked to an important impulse of the exports. This product can absorb the transport costs and it match better to the possibilities of production of small and medium producers, placed far of the great industries of the paper and the great centers of consumption. The quality wood has come mainly from native forests.

In the last five years have been gotten up more of a million hectares of forest earth to agriculture. On the other hand, it is had displaced to the cattle ranch to more marginal areas, among them to the native forest, adding greater pressure on these resources. In addition to forest earth or with second growth forests that is lost annually, in the last 10 years 285,000 ha of productive native forest had been lost by forest harvest and new soils for agriculture and cattle ranch. In summary, the general losses in the last 100 years are around of 70 million hectares.

The extraction of wood from the native forest is not only an inefficient use of this natural resource; it is a loss of valuable genetic information too for the interesting arboreal specie. For the near future it is hope a lack of quality wood, derived from the drastic diminution of the native forest surfaces, and a consequent increase of the price of the same wood.

This project proposes to generate the knowledge and the technology to reduce this deficit, and to allow the culture of some native forest species of commercial aptitude. Also it tries to establish the long term bases for a breeding and genetic improvement program, which contemplates the conservation of the genetic resource. The Project will be concentrated in three great ecoregions of Argentina: Chaco, Subtropical Forests (Misionera and Yungas) and the Andean-Patagonics Forests. The chosen taxonomical genus are *Prosopis*, *Cedrela* and *Nothofagus*, and within them thirteen species that will be dealt with different level of intensity.

In the three considered ecoregions there are lacks of genetically improved propagation material and there are not knowledge about its cultivation and efficient management. For this reason, the intervention strategy is based on three modules: Genetics, Forestry and Ecophysiology.

Key words: Breeding, *Nothofagus*, *Cedrela*, *Prosopis*

INTRODUCCIÓN

En los últimos 15 años la producción de madera aserrada en Argentina ha sido uno de los rubros del sector forestal que más aumentó (80%), esperándose un aumento constante para los próximos veinte años, vinculado principalmente a un importante impulso de las exportaciones. Este producto de calidad absorbe mejor el costo de los fletes, principal problema de rentabilidad de la actividad forestal implantada, y se ajusta mejor, por lo tanto, a las posibilidades de producción de pequeños y medianos productores de zonas forestales marginales alejadas de las grandes industrias del papel y de los grandes centros de consumo. La generación de mano de obra local en pequeñas y medianas empresas (aserraderos, carpinterías, etc.) es otra de las características peculiares que destacan a la industria del aserrado que representa, aún en aquellas regiones del país netamente productoras de pasta para papel el principal segmento generador del PBI del sector forestal (65%). En la Argentina la madera de calidad para la industria del mueble, cerramientos, pisos, y construcciones en general, ha provenido histórica y esencialmente de especies de los bosques nativos. En algunas regiones y para algunas especies nativas del país, el pie cuadrado de la madera aserrada, de bosque sin manejo silvícola y sin mejora genética, se paga hasta siete veces más que el de la madera de las especies introducidas.

El modo de explotación de los recursos forestales, basado principalmente en la extracción selectiva de los mejores árboles, unido al avance de la frontera agropecuaria, ha ido generando escasez de materia prima, disminución de la superficie boscosa y un notable empobrecimiento del bosque remanente y del suelo que le daba sustento. Este proceso de degradación de los recursos forestales nacionales repite la experiencia observada en la mayoría de los países, inclusive en aquellos que hoy se cuentan entre los más desarrollados del mundo y que actualmente, luego de largos y continuos planes de reforestación con sus especies nativas, ostentan una fuerte tradición forestal. A medida que fueron escaseando en el mercado nacional las denominadas "maderas nobles", la única respuesta fue el reemplazo de las mismas por otras maderas nativas. Por ejemplo, la incorporación del algarrobo para la fabricación de muebles y cerramientos a escala industrial y en crecimiento sostenido desde hace ya algunos años, responde precisamente a este fenómeno.

En Argentina los bosques se encuentran lejos de los centros urbanos más importantes y coinciden, prácticamente en su totalidad, con las áreas más marginales del país, tanto desde el punto de vista social como político y económico. En los últimos cinco años se han incorporado más de un millón de hectáreas de tierras forestales (remanentes de bosques explotados) a la agricultura, principalmente para la producción de soja. Por otro lado, la coyuntura actual que beneficia muy especialmente a la actividad agrícola, ha desplazado a la ganadería a áreas más marginales, entre ellas al bosque nativo, agregando mayor presión sobre estos recursos. En los últimos 10 años se han perdido, por corta o habilitación de tierras para la agricultura y ganadería, unas 285.000 ha de bosque nativo, siendo la pérdida general en los últimos 100 años de alrededor de 70 millones de hectáreas. La extracción (muchas veces sin adecuados planes de manejo) de la madera del bosque nativo conlleva no solo a una ineficiente utilización del recurso natural, sino también a la pérdida de valiosa información genética de las especies arbóreas de interés en la corta selectiva de los mejores individuos. Además, se debe tener en cuenta que por ser los bosques los ecosistemas terrestres más complejos, la biodiversidad perdida en ese lapso no ha sido únicamente la de las especies arbóreas explotadas. Numerosas y valiosísimas poblaciones de especies animales y vegetales con importancia ecológica actual y productiva potencial (fitorremediación, fitoquímica, farmacopea, esencias, genes candidatos, etc.) han desaparecido junto con el bosque.

En este contexto se puede puntualizar los diferentes impactos que genera la situación descrita:

Se espera serios problemas a mediano y largo plazo para el abastecimiento de madera de calidad para la industria forestal. Esta perspectiva, unida al desplazamiento de la ganadería hacia zonas más marginales, aumentará significativamente la presión sobre el bosque nativo remanente.

El proceso de disminución de la superficie boscosa de Argentina se acerca a niveles no recomendables por los organismos internacionales, debajo de los cuales se considera comprometido el desarrollo futuro de la nación, no sólo por factores económicos sino principalmente ambientales.

El grado de deterioro de buena parte del bosque remanente hace imposible el desarrollo de sistemas productivos que den sustento a comunidades incorporadas al sistema social, político y económico del país.

Existen en la actualidad, y se pueden prever para el corto y mediano plazo, importantes superficies degradadas y desmontadas, abandonadas por la agricultura, sin claras alternativas productivas sustentables. En importantes áreas, la combinación suelo-clima que predomina, no podrá sustentar la actividad agrícola durante un periodo prolongado.

Son numerosas las especies forestales nativas del país que, en los sitios adecuados, conjugan un buen crecimiento con una excelente calidad de madera. Los crecimientos anuales de algunas de ellas superan los 25 m³/ha/año con material sin mejora genética, por lo que se asemejan o incluso superan al de algunas especies forestales introducidas con madera de inferior calidad. Adicionalmente, llevar al cultivo a algunas especies forestales nativas significaría no sólo la incorporación al mercado productivo de nuevas especies de rápido crecimiento con madera de calidad sino, y no menos importante, la valoración del recurso forestal nativo y la conservación del germoplasma necesario para programas de mejora y domesticación a largo plazo.

En el contexto del Instituto Nacional de Tecnologías Agropecuarias (INTA, Argentina) y particularmente en el Programa Nacional Forestal del INTA, existen varios proyectos que, desde distintas perspectivas, responden a esta necesidad de generar tecnología para la producción de madera de calidad y para la conservación del medio ambiente. Tal es el caso del Proyecto Integrado de Mejoramiento Genético (PIMG), que se orienta a mejorar la calidad de la madera de las especies de rápido crecimiento introducidas (Eucaliptos, Pinos, Salicáceas), lo que contribuye indirectamente a disminuir la presión sobre el bosque nativo, y del Proyecto Integrado sobre Sistemas Silvopastoriles, en donde el recurso boscoso está particularmente considerado como un elemento esencial en la productividad y sustentabilidad del sistema de producción de carne. El proyecto se halla vinculado a su vez directamente a proyectos institucionales de Mejoramiento Molecular (Desarrollo de Marcadores Moleculares) y de Ecología Molecular (Ecotilling) que también utilizan como objeto de estudio a los mismos géneros y especies.

La propuesta del Proyecto Integrado contempla la generación de conocimientos y tecnología necesarios para permitir el cultivo de algunas de las principales especies forestales nativas, con fines comerciales y de recuperación ecosistémica y para establecer las bases

de un programa de domesticación y mejora a largo plazo. El proyecto cubre tres grandes eco-regiones del país: el Chaco, las Selvas Subtropicales (Misionera y Yunga) y los Bosques Andino Patagónicos, concentrándose en especies forestales pertenecientes a tres importantes géneros: *Nothofagus* (*N. obliqua*, roble; *N. alpina*, rauli; y *N. pumilio*, lenga), *Cedrela* (Cedros: *C. fissilis*, *C. lilloi*, *C. balansae*, *C. odorata*) y *Prosopis* (Algarrobos: *P. alba*, *P. chilensis*, *P. flexuosa*, *P. nigra*, *P. hassleri* e híbridos interespecíficos).

Las especies elegidas son valoradas por la sociedad tanto desde el punto de vista económico, como cultural y ambiental y han sido tradicionalmente proveedoras de madera de calidad. Algunas de ellas poseen un reconocimiento en el mercado internacional por su calidad de madera. El enfoque de este Proyecto Integrado es netamente interdisciplinario ya que la domesticación no puede ser resuelta aisladamente por ninguna disciplina. La estructura de intervención que se propone es similar para cada Proyecto Específico (PE) y está enmarcada esencialmente en tres grandes disciplinas de las Ciencias Forestales: Genética, Silvicultura y Ecofisiología. (Figura N° 1) Con el proyecto se pretende enfrentar dos grandes desafíos: desde el punto de vista de la cadena productiva, el desarrollo de una innovación tecnológica, y desde el punto de vista institucional, el poco común trabajo interdisciplinario.

PROBLEMAS Y OPORTUNIDADES

Este Proyecto Integrado está dirigido en forma directa a responder a la demanda creciente de madera de calidad por parte de la industria. La escasez de madera de calidad a mediano plazo como consecuencia del proceso de deterioro y disminución de la superficie de los bosques nativos y el deterioro mismo de estos bosques son los dos principales problemas que se vislumbran. Para llegar a cumplir la finalidad del proyecto hace falta contar con material de propagación mejorado y la tecnología adecuada para su cultivo productivo.

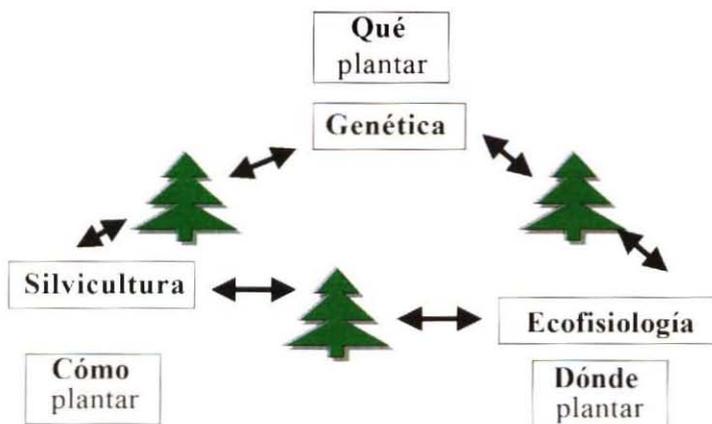


Figura N° 1

ESQUEMA CONCEPTUAL DEL PROYECTO INTEGRADO "DOMESTICACIÓN DE ESPECIES FORESTALES NATIVAS" DEL INTA (ARGENTINA), MOSTRANDO LA INTERACCIÓN ENTRE LAS DISCIPLINAS INVOLUCRADAS

No obstante la existencia de estos dos graves problemas conectados entre sí, la actual situación ofrece una serie de oportunidades de intervención que podrán concretarse a través de la propuesta del Proyecto Integrado.

El proceso de deterioro del bosque nativo permite el enriquecimiento con estas especies nativas para restituir su capacidad productiva a través de la implementación de sistemas de producción adaptados a las condiciones ecológicas y sociales particulares de cada región.

El abandono por parte de la agricultura de importantes áreas marginales, como consecuencia de procesos erosivos, pérdida de fertilidad de los suelos, salinización, incendios, etc. dejando un bosque secundario de poco valor, abre la posibilidad de instalar cultivos silvícolas con estas especies, con muy buenas perspectivas productivas y sin competencia de otras alternativas.

El contar aún con germoplasma forestal nativo en los bosques remanentes representa una invaluable fuente de variación imprescindible para iniciar el proceso de domesticación y mantenerlo en el tiempo.

La creación de alternativas productivas en áreas de escasos recursos, donde no existe actualmente actividad económica significativa, constituye en si misma una oportunidad para contribuir desde el aspecto tecnológico a revertir el proceso de deterioro ambiental y a la incorporación al sistema productivo de la población que habita actualmente en estas regiones.

Los tres géneros involucrados poseen recursos genéticos de interés en otros países de Sudamérica, lo que obligará a un intercambio que en todos los casos requiere de tramitaciones y contactos que no podrán ser atendidos en su totalidad por cada PE.

El subsidio que actualmente otorga el estado para promover las forestaciones con especies introducidas es administrado por la Secretaría de Agricultura Ganadería Pesca y Alimentación, Secretaría en estrecha relación con el INTA. La tecnología y los materiales de propagación mejorados que se generen en el proyecto contarían por lo tanto con una clara vía para su promoción dentro de la Secretaría para llevar a la práctica esta innovación tecnológica.

En los últimos años, a la luz de los graves problemas ambientales que conlleva el desarrollo descontrolado, existe un alto grado de conciencia social a favor de la conservación y aprovechamiento sustentable de los recursos forestales nativos.

Existe una buena situación institucional en el marco de la planificación estratégica y con la disponibilidad de fondos necesarios para consolidar la continuidad de esta línea de innovación tecnológica a través de la capacitación e incorporación de personal y el financiamiento de la infraestructura requerida.

BENEFICIARIOS (POBLACIÓN OBJETIVO)

La población objetivo de este Proyecto está constituida por los pequeños y medianos productores, tales como viveristas, plantadores y aquellos propietarios de medianas y pequeñas extensiones. En las tres regiones de aplicación de los resultados de este Proyecto, la estructura de tenencia de la tierra concentra una gran cantidad de pequeños y medianos productores, propietarios de pequeñas superficies, donde cultivando especies de rápido crecimiento y alta calidad de madera es posible desarrollar una producción semi-extensiva con alto valor por unidad de superficie. La existencia de comunidades aborígenes constituye otra población objetivo común a los tres Proyectos Específicos donde impactarán también los resultados. Por otro lado, organismos oficiales provinciales y nacionales han encarado en las tres regiones tareas de recuperación ecosistémica y/o de asistencia a la regeneración natural con algunas de las especies elegidas pero sin un conocimiento acabado de los aspectos tecnológicos, por lo que el desarrollo de tecnologías para la producción de plantas y la implantación y manejo de las plantaciones beneficiará directamente a estos emprendimientos.

OBJETIVOS

Objetivo general

Cultivar especies forestales nativas de aptitud comercial para incrementar la producción de madera de calidad del país y recuperar ecosistemas boscosos degradados a su función productiva y de servicios.

Objetivos específicos

Desarrollar y ajustar la tecnología de cosecha y almacenamiento de semillas, producción de plantas en vivero, implantación y manejo silvícola para las especies elegidas de los géneros *Nothofagus*, *Cedrela* y *Prosopis*.

Poner en marcha programas de mejoramiento genético a largo plazo, caracterizar y establecer unidades de conservación de la base genética necesaria y proveer material de propagación mejorado.

Conocer los mecanismos ecofisiológicos de adaptación que permitan ajustar los métodos de producción de plantas, implantación y manejo y de establecer límites regionales precisos para el cultivo de las especies elegidas.

Promover la adopción de los materiales de propagación mejorado y transferir la tecnología de cultivo desarrollada por el proyecto.

Capacitar recursos humanos con un enfoque interdisciplinario y consolidar institucionalmente grupos de trabajo en esta línea de innovación tecnológica.



SOLUCIONES TECNOLÓGICAS

Las soluciones tecnológicas que propone el proyecto se dirigen a resolver dos grandes brechas tecnológicas:

Falta de material de propagación mejorado.

Falta de tecnología de producción de plantas y manejo silvícola adecuadas.

La similitud de la problemática a resolver en cada una de las tres eco-regiones de intervención del Proyecto Integrado, posibilita abordarlas con soluciones tecnológicas similares, enmarcadas en las tres grandes disciplinas modulares definidas. Para ello se utilizarán por un lado métodos tradicionales de experimentación, medición y análisis de datos y por otro se incorporarán novedosas técnicas de avanzada en mediciones ecofisiológicas y de genética molecular.

Durante sus nueve años de duración, el Proyecto Integrado abordará simultáneamente la problemática descrita con tres Proyectos Específicos:

Domesticación de especies del género *Cedrela* para su cultivo en las selvas subtropicales argentinas.

Introducción del algarrobo al cultivo para la producción de madera de alto valor comercial y recuperación ecosistémica.

Domesticación de especies forestales nativas patagónicas de aptitud comercial.

La ejecución de los tres Proyectos Específicos constará de tres fases de tres años cada una y estará estructurada en tres módulos disciplinarios. Las principales actividades y productos a obtener en cada una de ellas y las disciplinas relacionadas son:

1ª Fase (2006-2009)

Generación del material de investigación base y obtención de información básica para el cultivo.

Mecanismos generales de resistencia a factores abióticos (Ecofisiología).

Mapa regional de área potencial de cultivo y estimación indirecta de la productividad potencial total para cada especie (Ecofisiología, Silvicultura, SIG).

Selección y caracterización de material base (Genética).

Ajuste de técnicas de propagación vegetativa y cruzamientos controlados (Genética).

Técnicas de cosecha y procesamiento de semillas, viverización y plantación, relevamiento y control de plagas (Silvicultura, Sanidad).

Caracterización del crecimiento en bosque nativo y plantaciones (Silvicultura).

2ª Fase (2009-2012)

Obtención de material de propagación con cierto grado de mejora genética e información tecnológica preliminar.

Validación a campo de criterios de selección ecofisiológicos en ensayos genéticos (Ecofisiología, Genética).

Mapa preliminar de calidad de sitio (Ecofisiología, Edafología).

Propagación de material selecto para su evaluación y difusión (Genética).

Respuesta a tratamientos silvícolas (Silvicultura).

3ª Fase (2012-2015)

Disponibilidad y difusión de material de propagación mejorado y transferencia de tecnología de cultivo.

Protocolos de caracterización ecofisiológica del material mejorado (Ecofisiología, Genética).

Respuesta ecofisiológica a prácticas de manejo silvícola (Ecofisiología, Silvicultura).

Disponibilidad de material de propagación mejorado en cantidad para abastecer demandas regionales (Genética).

Evaluación de la calidad de la madera obtenida bajo distintas condiciones de cultivo del material mejorado (Ecofisiología, Genética, Silvicultura).

Transferencia y difusión del conocimiento y tecnología obtenidos (Ecofisiología, Genética, Silvicultura).

Si bien la mayoría de las actividades a realizar coinciden para los tres Proyectos Específicos, existen algunas diferencias en la base del conocimiento y desarrollo tecnológico en cada uno de los géneros objeto de este proyecto, así como en las problemáticas particulares que serán abordadas por el Proyecto Integrado. En el caso de la domesticación de *Cedrela*, la principal limitante para su cultivo es el ataque de una plaga forestal (*Hypsiphilla grandella*). En el

caso de los Algarrobos, el problema principal que se presenta es la resistencia a suelos salinos y la selección y conducción silvícola para lograr individuos con mejor forma. Por último, en los *Nothofagus*, resulta imprescindible la selección para resistencia a estrés hídrico y lumínico y la adaptación tecnológica a la producción cíclica de semillas.

Existirán acciones del Proyecto Integrado de relevancia para la implementación de las soluciones tecnológicas planteadas, transversales a los tres Proyectos Específicos y que se desarrollarán intensamente en la 2da y 3ra fases del proyecto, tales como el análisis de mercado, costos y rentabilidad de la forestación y la articulación con actores forestales a nivel nacional para la elaboración de propuestas específicas de promoción para la forestación con estas especies nativas.

ARTICULACIÓN E INTEGRACIÓN DE LOS PROYECTOS ESPECÍFICOS

La innovación tecnológica que propone domesticar especies forestales nativas para el cultivo comercial y la recuperación ecosistémica surgirá, como ya fue mencionado, del producto de la interacción entre tres grandes disciplinas de las Ciencias Forestales: Genética, Ecofisiología y Silvicultura. Estas disciplinas determinan en cada uno de los Proyectos Específicos una similar estructura en tres módulos respectivos. La coincidencia general en cuanto a la problemática a resolver en cada uno de los Proyectos Específicos y la estrategia de intervención planteada en los tres módulos disciplinario facilita la articulación entre los mismos.

Resultará sumamente beneficiosa la gestión y organización por parte del Proyecto Integrado de reuniones técnicas para discutir y consensuar los aspectos metodológicos en las diferentes disciplinas.

|La dirección del Proyecto Integrado se basará en las siguientes líneas de acción:

Gestionar convenios, patentes y acuerdos para el movimiento de material genético entre provincias y entre países (Chile para *Nothofagus*, Bolivia, Perú, Costa Rica, Colombia, etc. para *Cedrela* y Paraguay y Bolivia para *Prosopis*).

Gestionar la asignación dentro de INTA de una masa crítica mínima de recursos humanos, necesaria para el mantenimiento de los objetivos a largo plazo del Proyecto Integrado.

Gestionar acuerdos y convenios sobre propiedad para la producción y venta de semillas desde los huertos semilleros a crear por acción del Proyecto Integrado y la inscripción inmediata en el INASE (Instituto Nacional de Semillas) para evitar la generación de monopolios privados.

Gestionar el establecimiento de unidades de conservación de la variación genética con los propietarios privados y estatales que corresponda y en las zonas definidas por las conclusiones del Proyecto Integrado.

Convocar y coordinar reuniones de evaluación del Proyecto Integrado y acompañar las correspondientes a los respectivos Proyectos Específicos.

Organización de jornadas técnicas de capacitación e intercambio entre técnicos vinculados al proyecto.

Complementar la información generada por cada Proyecto Específico con las características socioeconómicas de cada región, a fin de elaborar propuestas concretas de subsidio y/o promoción de las plantaciones forestales y gestionar la implementación de las mismas.



REGLAMENTO DE PUBLICACION

CIENCIA E INVESTIGACION FORESTAL es una publicación técnica, científica, arbitrada y seriada del Instituto Forestal de Chile, en la que se publica trabajos originales e inéditos, con resultados de investigaciones o avances de estas, realizados por sus propios investigadores y por profesionales del sector, del país o del extranjero, que estén interesados en difundir sus experiencias en áreas relativas a las múltiples funciones de los bosques, en los aspectos económicos, sociales y ambientales. Consta de un volumen por año el que a partir del año 2007 está compuesto por tres números (abril, agosto y diciembre) y ocasionalmente números especiales.

La publicación cuenta con un Consejo Editor institucional que revisa en primera instancia los trabajos presentados y está facultado para aceptarlos, rechazarlos o solicitar modificaciones a los autores. Dispone además de un selecto grupo de profesionales externos y de diversos países, de variadas especialidades, que conforma el Comité Editor. De acuerdo al tema de cada trabajo, estos son enviados por el Editor a al menos tres miembros del Comité Editor para su calificación especializada. Los autores no son informados sobre quienes arbitran los trabajos.

La revista consta de dos secciones; Artículos Técnicos y Apuntes, puede incluir además artículos de actualidad sectorial en temas seleccionados por el Consejo Editor o el Editor.

- **Artículos:** Trabajos que contribuyen a ampliar el conocimiento científico o tecnológico, como resultado de investigaciones que han seguido un método científico.
- **Apuntes:** Comentarios o análisis de temas particulares, que presenten enfoques metodológicos novedosos, representen avances de investigación, informen sobre reuniones técnicas o programas de trabajo y otras actividades de interés dentro del sector forestal o de disciplinas relacionadas. Los apuntes pueden ser también notas bibliográficas que informan sobre publicaciones recientes, en el país o en el exterior, comentando su contenido e interés para el sector, en términos de desarrollo científico y tecnológico o como información básica para la planificación y toma de decisiones.

ESTRUCTURA DE LOS TRABAJOS

Artículos

Los trabajos presentados para esta sección deberán contener Resumen, Summary, Introducción, Objetivos, Material y Método, Resultados, Discusión y Conclusiones, Reconocimientos (optativo) y Referencias. En casos muy justificados Apéndices y Anexos.

Título: El título del trabajo debe ser representativo del efectivo contenido del artículo y debe ser construido con el mínimo de palabras.

Resumen: Breve descripción de los objetivos, de la metodología y de los principales resultados y conclusiones. Su extensión máxima es de una página y al final debe incluir al menos tres palabras clave que faciliten la clasificación bibliográfica del artículo. No debe incluir referencias, cuadros ni figuras. Bajo el título se identificará los autores y a pie de página su institución y dirección. El **Summary** es evidentemente la versión en inglés del Resumen.

Introducción: Como lo dice el título, este punto está destinado a introducir el tema, describir lo que se quiere resolver o aquello en que se necesita avanzar en materia de información, proporcionar antecedentes generales necesarios para el desarrollo o comprensión del trabajo, revisar información bibliográfica y avances previos, situar el trabajo dentro de un programa más amplio si es el caso, y otros aspectos pertinentes. Los Antecedentes Generales y la Revisión de Bibliografía pueden en ciertos casos requerir especial atención y mayor extensión, si así fuese, en forma excepcional puede ser reducida la Introducción a lo esencial e incluir estos puntos separadamente.

Objetivos: Breve enunciado de los fines generales del artículo o de la línea de investigación a que corresponda y definición de los objetivos específicos del artículo en particular.

Material y Método: Descripción clara de la metodología aplicada y, cuando corresponda, de los materiales empleados en las investigaciones o estudios que dan origen al trabajo. Si la metodología no es original se deberá citar claramente la fuente de información. Este punto puede incluir Cuadros y Figuras, siempre y cuando su información no resulte repetida con la entregada en texto.

Resultados: Punto reservado para todos los resultados obtenidos, estadísticamente respaldados cuando corresponda, y asociados directamente a los objetivos específicos antes enunciados. Puede incluir Cuadros y Figuras indispensables para la presentación de los resultados o para facilitar su comprensión, igual requisito deben cumplir los comentarios que aquí se pueda incluir.

Discusión y Conclusiones: Análisis e interpretación de los resultados obtenidos, sus limitaciones y su posible trascendencia. Relación con la bibliografía revisada y citada. Las conclusiones destacan lo más valioso de los resultados y pueden plantear necesidades consecuentes de mayor investigación o estudio o la continuación lógica de la línea de trabajo.

Reconocimientos: Punto optativo, donde el autor si lo considera necesario puede dar los créditos correspondientes a instituciones o personas que han colaborado en el desarrollo del trabajo o en su financiamiento. Obviamente se trata de un punto de muy reducida extensión.

Referencias: Identificación de todas las fuentes citadas en el documento, no debe incluir referencias que no han sido citadas en texto y deben aparecer todas aquellas

citadas en éste.

Apéndices y Anexos: Deben ser incluidos sólo si son indispensables para la comprensión del trabajo y su incorporación se justifica para reducir el texto. Es preciso recordar que los Apéndices contienen información o trabajo original del autor, en tanto que los Anexos contienen información complementaria que no es de elaboración propia.

Apuntes

Los trabajos presentados para esta sección tienen en principio la misma estructura descrita para los artículos, pero en este caso, según el tema, grado de avance de la investigación o actividad que los motiva, se puede adoptar una estructura más simple, obviando los puntos que resulten innecesarios.

PRESENTACION DE LOS TRABAJOS

La Revista acepta trabajos en español y ocasionalmente en inglés o portugués, redactadas en lenguaje universal, que pueda ser entendido no sólo por especialistas, de modo de cumplir su objetivo de transferencia de conocimientos y difusión al sector forestal en general. No se acepta redacción en primera persona.

Formato tamaño carta (21,6 x 27,9 cm), márgenes 2,5 cm en todas direcciones, espacio simple y un espacio libre entre párrafos. Letra Arial 10. Un tab (8 espacios) al inicio de cada párrafo. No numerar páginas. Extensión máxima trabajos 25 carillas para artículos y 15 para Apuntes. Justificación ambos lados.

Primera página incluye título en mayúsculas, negrita, centrado, letra Arial 12, una línea, eventualmente dos como máximo. Dos espacios bajo éste: Autor (es), minúsculas, letra 10 y llamado a pie de página indicando Institución, país y correo electrónico en letra Arial 8. Dos espacios más abajo el Resumen y, si el espacio resulta suficiente, el Summary. Si no lo es, página siguiente igual que anterior, el Summary.

En el caso de los Apuntes, en su primera página arriba tendrán el título del trabajo en mayúscula, negrita, letra 12 y autor (es), institución, país y correo, letra 10, normal minúsculas, bajo una línea horizontal, justificado a ambos lados, y bajo esto otra línea horizontal. Ej:

EL MANEJO FORESTAL SOSTENIBLE COMO MOTOR DE EMPREDIMIENTO DEL MUNDO RURAL: LA EXPERIENCIA EN CHILE.

Víctor Vargas Rojas. Instituto Forestal. Ingeniero Forestal. Mg. Economía
de Recursos Naturales y del Medio Ambiente. vvargas@infor.cl

Título puntos principales (Resumen, Summary, Introducción, Objetivos, etc) en mayúsculas, negrita, letra 10, margen izquierdo. Sólo para Introducción usar página nueva, resto puntos principales seguidos, separando con un espacio antes y después de cada uno. Títulos secundarios en negrita, minúsculas, margen izquierdo. Títulos de tercer orden minúsculas margen izquierdo. Si fuesen necesarios títulos de cuarto orden, usar minúsculas, un tab (7 espacios) y anteponer un guión y un espacio. Entre sub títulos y párrafos precedente y siguiente un espacio libre. En sub títulos con más de una palabra usar primera letra de palabras principales en mayúscula. No numerar puntos principales ni sub títulos.

Nombres de especies vegetales o animales: Vulgar o vernáculo en minúsculas toda la palabra, seguido de nombre en latín o científico entre paréntesis la primera vez que es mencionada la especie en el texto, en cursiva (no negrita), minúsculas y primera letra del género en mayúsculas. Ej. pino o pino radiata (*Pinus radiata*).

Citas de referencias bibliográficas: Sistema Autor, año. Ejemplo en citas en texto; De acuerdo a Rodríguez (1995) el comportamiento de....., o el comportamiento de... (Rodríguez, 1995). Si son dos autores; De acuerdo a Prado y Barros (1990) el comportamiento de ..., o el comportamiento de ... (Prado y Barros, 1990). Si son más de dos autores; De acuerdo a Mendoza *et al.* (1990), o el comportamiento ... (Mendoza *et al.*, 1990).

En el punto Referencias deben aparecer en orden alfabético por la inicial del apellido del primer autor, letra 8, todas las referencia citadas en texto y sólo estas. En este punto la identificación de la referencia debe ser completa: Autor (es), año. En negrita, minúsculas, primeras letras de palabras en mayúsculas y todos los autores en el orden que aparecen en la publicación, aquí no se usa *et al.* A continuación, en minúscula y letra 8, primeras letras de palabras principales en mayúscula, título completo y exacto de la publicación, incluyendo institución, editorial y otras informaciones cuando corresponda. Margen izquierdo con justificación ambos lados. Ejemplo:

En texto: (Yudelevich *et al.*, 1967) o Yudelevich *et al.* (1967) señalaron ...

En referencias:

Yudelevich, Moisés; Brown, Charles y Elgueta, Hernán, 1967. Clasificación Preliminar del Bosque Nativo de Chile. Instituto Forestal. Informe Técnico N° 27. Santiago, Chile.

Expresiones en Latín, como *et al.*; *a priori* y otras, así como palabras en otros idiomas como *stock*, *marketing*, *cluster*, *stakeholders*, *commodity* y otras, que son de frecuente uso, deben ser escritas en letra cursiva.

Cuadros y Figuras: Numeración correlativa: No deben repetir información dada en texto. Sólo se aceptan cuadros y figuras, no así tablas, gráficos, fotos u otras denominaciones. Toda forma tabulada de mostrar información se presentará como cuadro y al hacer mención en texto (Cuadro N° 1). Gráficos, fotos y similares serán presentadas como figuras y al ser mencionadas

en texto (Figura N° 1). En ambos casos aparecerán enmarcados en línea simple y centrados en la página. En lo posible su contenido escrito, si lo hay, debe ser equivalente a la letra Arial 10 u 8 y el tamaño del cuadro o figura proporcionado al tamaño de la página. Cuadros deben ser titulados como Cuadro N° , minúsculas, letra 8, negrita centrado en la parte superior de estos, debajo en mayúsculas, negritas letra 8 y centrado el título (una línea en lo posible). Las figuras en tanto serán tituladas como Figura N° , minúscula, letra 8, negrita, centrado, en la parte inferior de estas, y debajo en mayúsculas, letra 8, negrita, centrado, el título (una línea en lo posible). Si la diagramación y espacios lo requieren es posible recurrir a letra Arial *narrow*. Cuando la información proporcionada por estos medios no es original, bajo el marco debe aparecer entre paréntesis y letra 8 la fuente o cita que aparecerá también en referencias. Si hay símbolos u otros elementos que requieren explicación, se puede proceder de igual forma que con la fuente.

Se aceptan fotos en blanco y negro y en colores, siempre que reúnan las características de calidad y resolución que permitan su impresión.

Abreviaturas, magnitudes y unidades deben estar atenuadas a la Norma NCh 30 del Instituto Nacional de Normalización (INN). Se empleará en todo caso el sistema métrico decimal. Al respecto es conveniente recordar que la unidades se abrevian en minúsculas, sin punto, con la excepción de litro (L) y de aquellas que provienen de apellidos de personas como grados Celsius (°C). Algunas unidades de uso muy frecuente: metro, que debe ser abreviado **m** y no M. m. MT MTS mt mts o mtrs y otras formas como a menudo se ve en las carreteras y otros lugares; metro cúbico **m³**, metro ruma **mr**; o hectáreas **ha** y no HTA HAS há o hás.

Llamados a pie de página: Cuando estos son necesarios, serán numerados en forma correlativa para cada página, no de 1 a n a lo largo del trabajo. Aparecerán al pie en letra 8. No usar este recurso para citas bibliográficas, que deben aparecer como se indica en Referencias.

Archivos protegidos, "sólo lectura" o PDF serán rechazados de inmediato porque no es posible editarlos. La Revista se reserva el derecho de efectuar todas las modificaciones de carácter formal que el Comité Editor o el Editor estimen necesarias o convenientes, sin consulta al autor. Modificaciones en el contenido evidentemente son consultadas por el Editor al autor, si no hay acuerdo se recurre nuevamente al Consejo Editor o los miembros de este que han participado en el arbitraje o calificación del trabajo.

ENVIO DE TRABAJOS

Procedimiento electrónico. En general bastará enviar archivo Word, abierto al Editor sbarros@infor.gob.cl

Cuadros y figuras ubicadas en su lugar en el texto, no en forma separada. El Editor podrá en algunos casos solicitar al autor algún material complementario en lo referente a cuadros y figuras (archivos Excel, imágenes, figuras, fotos, por ejemplo).

El autor deberá indicar si propone el trabajo para Artículo o Apunte y asegurarse de recibir confirmación de la recepción conforme del trabajo por parte del Editor.

Respecto del peso de los archivos, tener presente que 1 Mb es normalmente el límite razonable para los adjuntos por correo electrónico. No olvidar que las imágenes son pesadas, por lo que siempre al ser pegadas en texto Word es conveniente recurrir al pegado de imágenes como JPEG o de planillas Excel como Metarchivo Mejorado.

En un plazo de 30 días desde la recepción de un trabajo el Editor informará al autor principal sobre su aceptación (o rechazo) en primera instancia e indicará (condicionado al arbitraje del Comité Editor) el Volumen y Número en que el trabajo sería incluido. Posteriormente enviará a Comité Editor y en un plazo no mayor a 3 meses estará sancionada la situación del trabajo propuesto. Si se mantiene la información dada por el Editor originalmente, el trabajo es aceptado como fue propuesto (Artículo o Apunte) y no hay observaciones de fondo, el trabajo es editado y pasa a publicación cuando y como se informó al inicio. Si no es así, el autor principal será informado sobre cualquier objeción, observación o variación, en un plazo total no superior a 4 meses.

CIENCIA E INVESTIGACION FORESTAL

ARTICULOS

PAGINA

- EFFECTOS DEL APROVECHAMIENTO SOBRE LA ESTABILIDAD DE LOS BOSQUES DE LENGUA (*Nothofagus pumilio*) EN TIERRA DEL FUEGO. José Omar Bava y Pablo López Bernal. Argentina. 5
- TRATAMIENTO INTERMEDIO DE MASAS BOSCOSAS JUVENILES DE LENGUA (*Nothofagus pumilio*) EN TIERRA DEL FUEGO, ARGENTINA. Santiago Favoretti, Sebastian Mussel, Ramón Villalba y Luciana Riccialdell. Argentina. 19
- FORESTACIONES PARA LA DIVERSIFICACIÓN DE LOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN GANADERA EN LA PATAGONIA ARGENTINA. G. A. Loguercio, G. Salvador, M. Fertig y E. Guitart. Argentina. 29
- FUNCTIONAL ECOLOGY OF *Nothofagus pumilio* REGENERATION IN RELATION TO LIGHT AVAILABILITY. Martinez Pastur, Guillermo; Lencinas, Maria Vanessa and Peri, Pablo Luis. Argentina. 43
- EFFECTO DE LA COBERTURA DE NIRE (*Nothofagus antarctica*) SOBRE LA PRODUCCIÓN HERBÁCEA EN LA PROVINCIA DE ULTIMA ESPERANZA, REGIÓN DE MAGALLANES. A. Olivares, H. Schmidt, J. Pavez y S. Duran. Chile. 55
- DESARROLLO DE LOS BOSQUES DE LENGUA (*Nothofagus pumilio*) DESPUÉS DE LA CORTA DE REGENERACIÓN. C. Silva, A. Schmidt y H. Schmidt. Chile. 65
- EFFECTO DE UNA CORTINA CORTAVIENTOS FORESTAL SOBRE LA PRODUCCIÓN DE CULTIVOS FORRAJEROS EN AYSEN, PATAGONIA, CHILE. Osvaldo Teuber W., Iván Moya N. y Alvaro Sotomayor G. Chile. 77
- MÉTODO DE ANÁLISIS FENOLÓGICO DE UN RODAL. SU APLICACIÓN EN UN ENJAMBRE HÍBRIDO DE *Prosopis* spp. Ana A. Córdoba y Anibal R. Verga. Argentina. 91
- ESCARIFICACIÓN QUÍMICA CON ÁCIDO SULFÚRICO COMO TRATAMIENTO PREGERMINATIVO PARA SEMILLAS DE TOROMIRO (*Sophora toromiro* Skottsb.). Marta González, Iván Quiroz, Edison Garcia y Braulio Gutiérrez. Chile. 111
- SELECCIÓN, MULTIPLICACIÓN Y EVALUACIÓN INICIAL DE CLONES DE *Eucalyptus camaldulensis* PARA LAS ZONAS ÁRIDAS Y SEMIÁRIDAS DE CHILE. Braulio Gutiérrez C. y Maria Paz Molina B. Chile. 119
- ASSESSMENT OF GENETIC DIVERSITY AND GENETIC RELATIONSHIPS AMONG SEVEN CHILEAN CHESTNUT (*Castanea sativa* MILL.) POPULATIONS USING ISOZYMES AND RAPD MARKERS. V. Loewe, C. Mattioni, M. González, M. Cherubini, P. Pollegioni, F. Villani, M. Casasoli y S. Benedetti. Chile - Italia. 135
- VALORACIÓN DEL PAISAJE EN BOSQUES DE RENOVALES DE ROBLE-RAULÍ-COIGÜE. Yasna Rojas Ponce y Joaquín Solana Gutiérrez. Chile - España. 149
- APUNTES
- DIAGNÓSTICO DE PLAGAS Y ENFERMEDADES FORESTALES EN COSTA RICA. Marcela Arguedas. Costa Rica. 167
- MANEJO FORESTAL A ESCALA DE PAISAJE: UN ENFOQUE PARA SATISFACER MÚLTIPLES DEMANDAS DE LA SOCIEDAD HACIA EL SECTOR FORESTAL. Campos, J. y Villalobos, R. Costa Rica. 181
- BAMBÚES DE CLIMA TEMPLADO: UNA NUEVA OPCIÓN DE CULTIVO INDUSTRIAL EN CHILE. Jorge Campos R. y Marlene González G. Chile. 201
- DOMESTICACIÓN DE ESPECIES FORESTALES NATIVAS EN ARGENTINA. Leonardo Gallo, Luis Fornés y Anibal Verga. Argentina. 217
- REGLAMENTO DE PUBLICACION 229



INFOR



GOBIERNO DE CHILE
Ministerio de Agricultura

Volumen 14 N° 1
Abril 2008