

# CIENCIA E INVESTIGACION FORESTAL



INSTITUTO FORESTAL  
CHILE





---

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

***VOLUMEN 14 N° 2***

**CIENCIA E  
INVESTIGACION  
FORESTAL**

***AGOSTO 2008***

Propiedad Intelectual  
Registro N° 176228

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.

<b>Directora</b>	Marta Abalos Romero	INFOR	Chile
<b>Editor</b>	Santiago Barros Asenjo	INFOR – IUFRO	Chile
<b>Consejo Editor</b>	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
<b>Comité Editor</b>	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
	Oswaldo Encinas	ULA	Venezuela

**Dirección** **Instituto Forestal**  
**Sucre 2397 - Casilla 3085 - Santiago, Chile**  
**Fono 56 2 3667100 Fax 56 2 3667133**  
**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.



---

# ENSAYOS DE GERMINACIÓN PARA SEMILLAS DE *Pinus pinea* L. COLECTADAS EN DOS PLANTACIONES DE LA COMUNA DE PICHILEMU

Iván Quiroz M.<sup>1</sup>; Marta González O.<sup>1</sup>; Edison García R.<sup>1</sup> y Germán Charlín D.<sup>1</sup>

## RESUMEN

*Pinus pinea*, comúnmente conocido como pino piñonero, es un árbol que en estado adulto alcanza 20 a 30 m de altura y una copa característica en forma de paraguas. En el interior de sus semillas se encuentra el piñón, un fruto comestible de sabor agradable, apreciado como alimento y para su uso en confitería, el que en algunos países posee un alto valor comercial. El fruto convierte a la especie en una atractiva opción productiva, innovadora y rentable, que puede ser incorporada como una alternativa de diversificación agro-forestal en el país.

Coincidiendo con el objetivo del Centro Tecnológico de la Planta Forestal (centro de investigación dependiente del Instituto Forestal), de generar información de propagación y manejo para especies forestales de interés social, económico y ecológico, se efectuó ensayos de germinación destinados a obtener información de interés para la producción de plantas de calidad.

El presente artículo entrega antecedentes de germinación de semillas de *P. pinea* obtenidas en dos zonas de colecta de la Comuna de Pichilemu: Cahuil y Tanumé, en la costa de la Región del Libertador Bernardo O'Higgins, Chile. Los resultados de los ensayos indican que la especie comienza a germinar a los 18 a 20 días y se registran diferencias estadísticamente significativas entre las zonas para el porcentaje de germinación y el periodo de energía. La zona de Tanumé presentó los mayores valores de germinación y el menor periodo de energía. Respecto al periodo de energía no se registró diferencias estadísticamente significativas entre las zonas de colecta. En cuanto a la variable número de semillas por kilo, la zona de Cahuil presentó un valor significativamente más alto que Tanumé.

Es importante proseguir los estudios en vivero, en aspectos como fecha de siembra, tamaño de contenedor, efecto de micorrizas y otras variables que permitan obtener plantas de calidad en una temporada de viverización.

**Palabras clave:** *Pinus pinea*, semillas, germinación.

---

<sup>1</sup> Instituto Forestal, Sede Bio Bio, Chile. [iquiroz@infor.cl](mailto:iquiroz@infor.cl); [mgonzale@infor.cl](mailto:mgonzale@infor.cl); [egarcia@infor.cl](mailto:egarcia@infor.cl); [germanch24@gmail.com](mailto:germanch24@gmail.com)

## GERMINATION TESTS FOR SEEDS OF *Pinus pinea* L. COLLECTED IN TWO PLANTATIONS OF THE PICHILEMU COMMUNE IN THE CENTRAL COAST OF CHILE

### SUMMARY

*Pinus pinea*, also known as Stone Pine or Italian Stone Pine, is a tree that in adult state reaches 20 to 30 m height and a characteristic crown like an umbrella. Inside its seeds is the pinion, an edible fruit of pleasant flavor, appreciated as food and for its use in pastry, which owns a high commercial value in some countries. The fruit turns the species into an attractive productive, innovative and profitable option, which could be incorporated in Chile like an agro-forestry alternative of diversification.

According to the Forest Plant Technological Center aims (research center of the Chilean forestry institute), in order to generate information on propagation and management for forest species with social, economic and ecological interest, germination tests were done to obtain information on the production of high quality plants.

The present article gives antecedents about germination of seeds of *P. pinea*, obtained in two zones of the Pichilemu Commune (Region of the Libertador Bernardo O'Higgins, Chile): Cahuil and Tanume. The results of these tests indicated that the germination starts between the days 18<sup>th</sup> and 20<sup>th</sup>; Germination percentage and energy period are statistically different between zones; Tanume had the highest germination values and a energy period shorter than Cahuil; Energy period was not statistically different between zones; The number of seeds by kilogram presented differences statistically significant between zones, been higher in Cahuil than in Tanume.

It is important to continue the studies at nursery. Date of sowing, size of container, mycorrhiza effects and other variables that allow obtain plants of quality in one nursery season should be considered.

**Keywords:** *Pinus pinea*, seeds, germination



## INTRODUCCIÓN

*Pinus pinea*, comúnmente conocido como pino piñonero, es un árbol de la familia pinácea, de origen mediterráneo, que en estado adulto alcanza 20 a 30 m de altura y presenta una copa característica en forma de paraguas. En el interior de sus semillas se encuentra el piñón, un fruto comestible de sabor muy agradable, apreciado como alimento, tanto en forma directa como para confitería, por lo que en algunos países posee un alto valor comercial. Las áreas más importantes de producción comercial son España (Huelva) e Italia (Marcas, Toscana y Abruzzo), aún así, debido a los altos costos de cosecha, la mayoría de los frutos comercializados en Europa proviene de Turquía.

Es una especie que también proporciona sombra y protección en cortinas cortaviento, y se la utiliza en la fijación de dunas y para prevenir la erosión. Además, es una especie de carácter heliófilo, capaz de almacenar agua y administrarla eficazmente, por lo que es una buena colonizadora. Es apreciado como árbol ornamental (Montoya, 1990; Cañellas *et al.*, 1999).

La utilización en Chile de una especie no tradicional, como el pino piñonero, que se caracteriza por producir piñones comestibles, constituye una alternativa que puede ser incorporada en los sistemas productivos tradicionales, aportando la ventaja adicional de poder desarrollarse en terrenos marginales y con escasa oferta hídrica. Es una especie conocida, de interés tanto agrícola como forestal, que produce fruta apreciada y una madera de calidad media-baja. Por estas características su cultivo permitiría la incorporación de la componente forestal dentro del sistema agrícola tradicional, presentándose como un complemento interesante a la actividad económica predial, sobre todo para los pequeños y medianos propietarios y campesinos, creando además un valor adicional para el productor de frutales.

En este contexto se hace fundamental conocer aspectos referentes al sistema de producción de plantas, así como antecedentes de germinación, semillas por kilo y otros que permitan orientar y potenciar el establecimiento óptimo de la especie en el país.

El presente artículo entrega los resultados obtenidos por el Centro Tecnológico de la Planta Forestal, un centro tecnológico dependiente del Instituto Forestal, en ensayos de germinación establecidos con el objetivo de evaluar parámetros físicos y germinativos de semillas de *Pinus pinea*, procedentes de dos rodales nacionales ubicados en la Comuna de Pichilemu, Región del Libertador Bernardo O'Higgins.

## MATERIAL Y MÉTODO

Una de las primeras actividades para iniciar la producción de plantas es abastecerse de semillas en cantidad y calidad apropiadas para los fines productivos. Esta debe ser recogida o colectada desde los mejores árboles de acuerdo a los parámetros que se quieren privilegiar.

Los ensayos fueron llevados a cabo en dependencias del vivero de la sede Bio-Bio de INFOR en Concepción. Se colectó semillas de *Pinus pinea* en dos zonas de la Región de

O'Higgins: Cahuil y Tanumé desde árboles plus, seleccionados por sus atributos productivos. Este trabajo fue efectuado en el año 2005 dentro del marco de un proyecto ejecutado por INFOR y financiado por el SAG, "Fuentes de Semilla Mejorada para las Especies Prioritarias en la Estrategia de Diversificación Forestal Nacional". Cáhuil es un pequeño caserío localizado a 15 kilómetros al sur de Pichilemu y Tanumé es un Centro Experimental Forestal, ubicado en el Sector Costero Norte de Pichilemu.

Se determinó el número de semillas por kilo mediante el pesaje de 8 muestras de 100 semillas de cada zona de colecta.

Como tratamiento pre-germinativo las semillas fueron remojadas en agua por 24 horas. La siembra se realizó en bandejas de poliestireno expandido de 84 cavidades de 130 cc de volumen cada una, depositando una semilla en cada cavidad. Como sustrato se utilizó corteza de pino compostada de granulometría G-10. Las bandejas 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.

El ensayo de germinación consideró tres repeticiones por cada zona de colecta, cada repetición representada por una bandeja con 84 semillas, en las cuales se registró en forma diaria el número de semillas germinadas.

Se usó la información acumulada de germinación diaria para determinar el "valor máximo de Czabator" (VMC). Este corresponde al cociente máximo entre el porcentaje de germinación acumulado hasta un período determinado y el número de días en que se logró dicho porcentaje (Czabator, 1964). Dicho valor determina la Energía Germinativa (porcentaje de germinación acumulado al día en que se produce el VMC) y el Período de Energía (número de días en que ocurre el VMC). También se determinó la Capacidad de Germinación, que corresponde a la suma de las semillas germinadas y las semillas sanas sin germinar al término del ensayo, expresada como porcentaje del total de semillas consideradas (Folliott y Thames, 1983).

## Análisis Estadístico

Para analizar estadísticamente los datos, se utilizó el software estadístico InfoStat versión 2008/P, con el cual se realizó un análisis de varianza tradicional. El test de comparación utilizado correspondió al de Scott&Knott.

El modelo utilizado fue:

$$Y = u + T + R + E$$

Donde:

u = Promedio

T = Efecto del tratamiento (zona de colecta)

R = Efecto de la repetición (Bandeja)

E = Residuo o error no explicado por las fuentes anteriores

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Parámetros Físicos

Respecto al número de semillas por kilo (Cuadro N° 1), se observa que hay diferencias estadísticamente significativas entre las zonas de colecta, registrándose un valor mayor en Cahuil que en Tanumé. A pesar de la variación observada, los valores registrados coinciden con los mencionados por la bibliografía; 1.400 semillas/kg (Montoya, 1990), 1.300 a 2.100 semillas/kg (García-Fayos *et al.*, S/F), 1.200 a 1.400 semillas/kg (Webb *et al.*, 1984; Gil y Prada, 1993), 1.000 a 1.600 semillas/kg (Goor y Barney, 1976).

**Cuadro N° 1**  
**NÚMERO DE SEMILLAS POR KILOGRAMO EN DOS ZONAS DE COLECTA DE *Pinus pinea***

Zona de Colecta	Semillas (N°/kg)
Cahuil	1.544,4 a
Tanumé	1.298,7 b
Medias Zonas de colecta	1.421,6

Letras distintas indican diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0,05$ )

### Parámetros Germinativos

En el Cuadro N° 2 se resume los resultados del análisis estadístico de los parámetros de germinación de las semillas de *P. pinea* obtenidas en las dos zonas de colecta consideradas en el ensayo.

**Cuadro N° 2**  
**PERIODO DE ENERGÍA, ENERGÍA GERMINATIVA Y CAPACIDAD DE GERMINACIÓN DE SEMILLAS DE *Pinus pinea***

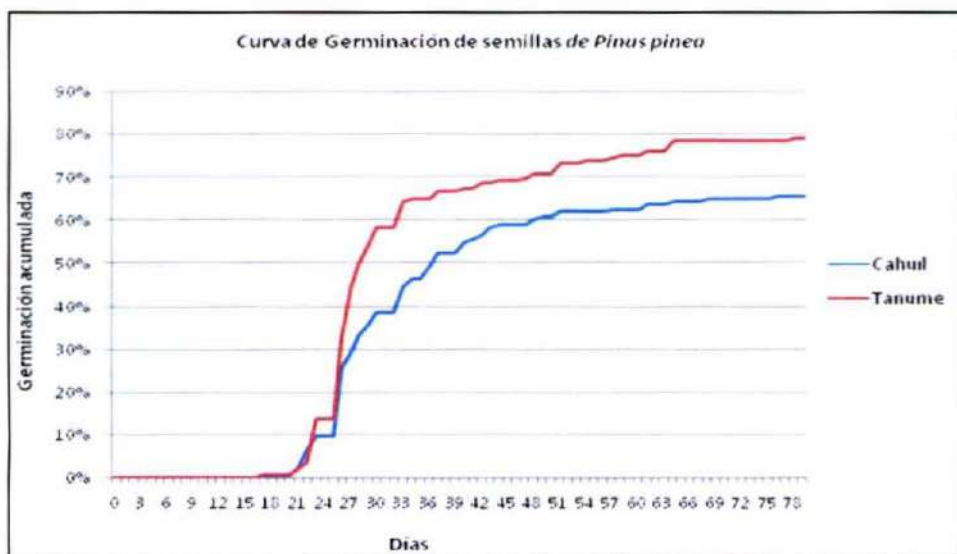
Zona de Colecta	Germinación (%)	Energía germinativa (%)	Periodo de energía (Días)
Cahuil	66,3 a	76,4 a	37 b
Tanumé	80,2 b	72,8 a	32 a
Promedio	73,2	74,6	34

Letras distintas en una misma columna indican diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0,05$ )

Existen diferencias estadísticas significativas, atribuibles al efecto de las zonas de colecta, para las variables Porcentaje de Germinación y Periodo de Energía, siendo Tanumé la zona que logra los mejores resultados (mayor germinación y en menos tiempo). En cuanto a la

Energía Germinativa, Cahuil alcanzó una mayor tasa máxima de germinación, pero este valor no fue estadísticamente diferente al de Tanumé.

El porcentaje medio de germinación (73,2%) no se diferencia del informado por Cañellas *et al.* (1999), que alcanzó a 76,5%. No obstante, si se observaron diferencias respecto al momento de inicio y duración del proceso de germinación. En efecto, dependiendo de las zonas de colecta, la germinación se inició los días 18 y 20, y se extendió hasta los días 55- 60 (Figuras N°s 1 y 2), situación que difiere de la informada por Cañellas *et al.* (1999), quienes en sus ensayos observaron un inicio de germinación entre los días 9 y 10, verificándose la germinación de casi la totalidad de las semillas entre los días 15 a 16.



**Figura N° 1**  
CURVA DE GERMINACIÓN ACUMULADA PARA SEMILLAS DE *Pinus pinea* DE DOS ZONAS DE COLECTA

Sin considerar el origen genético de las semillas, del cual no existen mayores antecedentes, la diferencia observada puede explicarse por el uso de distintos tratamientos pregerminativos y principalmente por las distintas condiciones ambientales imperantes en los invernaderos durante el proceso de germinación. Los autores españoles (*op. cit*) remojaron las semillas en agua solo por 12 horas, pero controlaron la temperatura con un termostato, evitando que bajase de 10°C durante la noche y manteniéndola entre 20 y 25°C durante el día. Tales condiciones parecen ser las responsables de la mayor homogeneidad de germinación en relación a los ensayos locales.



(a)



(b)



(c)



(d)



(e)

Figura N° 2  
 PROCESO DE GERMINACIÓN DE SEMILLAS  
 DE *Pinus pinea* EN INVERNADERO. DÍAS  
 DESPUÉS DE LA SIEMBRA (a) 27 DÍAS; (b) 33  
 DÍAS; (c) 41 DÍAS; (d) 79 DÍAS; (e) 93 DÍAS

## CONCLUSIONES

Aún cuando existen diferencia estadísticamente significativas en el número de semillas por kilogramo y en algunos parámetros de germinación, ambas zonas de colecta muestran un comportamiento similar y no se diferencian mayormente de los valores registrados en la bibliografía.

Por el contrario, en términos de homogeneidad de la germinación, el inicio es más tardío y la duración más extensa que la informada por otros autores. Este antecedente hace aconsejable seguir estudiando otras variables durante el manejo de la siembra con el fin de reducir su heterogeneidad y obtener plantas aún más homogéneas.

## REFERENCIAS

- Cañellas, I.; Finat, L.; Bachiller, A.; Montero, G., 1999.** Comportamiento de planta de *Pinus pinea* en vivero y campo: ensayos de técnicas de cultivo de planta, fertilización y aplicación de herbicidas. Invest. Agr. Prod. Prot. Veg. 8 (2): 335-359.
- Czabator, F. J., 1962.** Germination value: an index combining speed and completeness of pine seed germination. Forest Science 8(4): 386-396.
- Folliott, P.; Thames, J., 1983.** Recolección, manipuleo, almacenaje y pre-tratamiento de las semillas de Prosopis en América Latina. 50p.
- García-Fayos, P.; Gullías, J.; Martínez, J.; Marzo, A.; Melero, J.P.; Traveset, A.; Veintimilla, P.; Verdú, M.; Cerdán, V.; Gasque, M.; Medrano, H., S/F.** Bases ecológicas para la recolección, almacenamiento y germinación de semillas de especies de uso forestal de la Comunidad Valenciana. Editado por Banc de Llavors Forestals (Conselleria de Medi Ambient, Generalitat Valenciana) [http://www.cma.gva.es/areas/estado/bosques/bosq/banco\\_semillas/llavors.pdf](http://www.cma.gva.es/areas/estado/bosques/bosq/banco_semillas/llavors.pdf) (consultado 16-09-2008).
- Gil, L.; Prada, M. A., 1993.** Los pinos como especies básicas de la restauración forestal en el medio Mediterráneo. ICONA, Madrid. Ecología. Nº 7. Pp: 113-125.
- Goor, A.; Barney, C., 1976.** Forest tree planting in arid zones. 2nd Edition. The Ronald Press Company- New York, USA. 504 p.
- Montoya, J.M., 1990.** El pino piñonero. Ediciones Mundi-Prensa, Madrid, España. 98 p.
- Webb, D.B.; Wood, P.J.; Smith, J.P.; Henman, G.S., 1984.** A Guide to Species Selection for Tropical and Sub-Tropical Plantations. 2nd Edition. Oxford, England, Commonwealth Forestry Institute. 256 p.

---

# CARACTERIZACIÓN DE ÁREAS PRODUCTORAS DE SEMILLAS DE ESPECIES PRIORITARIAS PARA LA DIVERSIFICACIÓN FORESTAL ESTABLECIDAS POR EL INSTITUTO FORESTAL

María Paz Molina B., Braulio Gutiérrez C., Oriana Ortiz N., Andrés Bello D., Mauricio Navarrete y Juan Carlos Pinilla<sup>1</sup>

## RESUMEN

El trabajo entrega la evaluación y caracterización de Áreas Productoras de Semillas (APS) establecidas por el Instituto Forestal durante el desarrollo de diferentes proyectos de investigación, entre las Regiones de Bio Bio y Aysén, para siete de las once especies consideradas prioritarias para la diversificación forestal en el país.

Se presenta una descripción y caracterización de la situación original y la situación actual de los rodales productores de semillas y una estimación de su capacidad de producción anual en cada caso. El objeto es dar a conocer estas APS, que proporcionan semilla mejorada, como base para promocionar el uso de estas especies y contribuir así a la diversificación forestal en el país.

Las APS establecidas son 18 y corresponden a cinco especies nativas; *Nothofagus obliqua*, roble; *Nothofagus dombeyi*, coihue; *Nothofagus alpina*, raulí; *Nothofagus pumilio*, lenga y *Drimys winteri*, canelo; y dos especie exóticas; *Acacia melanoxylon*, aramo australiano; y *Pseudotsuga menziesii*.

Las restantes especies consideradas prioritarias; *Eucalyptus regnans*; *Pinus pinea*, pino piñonero; *Castaena sativa*, castaño; y *Populus spp*, álamos. Se está avanzando en el establecimiento de APS para estas especies, con la excepción de álamo que no se la reproduce comercialmente por semillas, las cuales serán establecidas mediante huertos semilleros clonales a partir de ejemplares superiores.

---

<sup>1</sup> Instituto Forestal, Sede Bio Bio, Concepción, Chile. mmolina@infor.gob.cl



## SUMMARY

Descriptions of seed production areas established by the Forestry Institute through different research projects, between the Bio Bio and Aysen Regions, for some of the main priority species considered for forest diversification in Chile, are included in this paper.

The characterization of stands before and after the establishment of the seed production area and the estimated seed production are given. Main objective is to inform about this areas as a basis to promote the use of the species and the forest diversification in the country.

Established areas are 18 and include five native species; *Nothofagus obliqua*, Roble; *Nothofagus dombeyi*, Coihue; *Nothofagus alpina*, Rauli; *Nothofagus pumilio*, Lenga and *Drimys winteri*, Canelo; and two exotic species; *Acacia melanoxylon*, Black Wattle; and *Pseudotsuga menziesii*, Douglas Fir.

The other priority species are *Eucalyptus regnans*, Mountain Ash; *Pinus pinea*, Pino Piñonero; *Castaena sativa*, Chestnut; and *Populus spp.*, Poplar. The Institute is already working on the establishment of seed production areas for these species as well, except for Poplar which is not commercially reproduced by seeds, in this case by the way of clonal seed orchards using plus trees material.



## INTRODUCCIÓN

El establecimiento de Áreas Productoras de Semillas (APS) es uno de los métodos más apropiados para producir semilla con algún grado de ganancia genética en los inicios de un programa de mejora. Normalmente se afirma que los procedimientos de producción de semilla mejorada previos a los huertos, no permiten obtener beneficios importantes. Efectivamente las ganancias asociadas al uso de Áreas Productoras de Semillas son menores que las derivadas del uso de semilla de huerto, pero aún así, el sólo hecho de cosechar semilla de fenotipos seleccionados permite obtener ganancias en adaptabilidad y otras características, que justifican la implementación de este método, razón por la que la implementación de APS se ha considerado una etapa básica durante el desarrollo de variados programas de mejoramiento.

En la actualidad existen diversas APS que han sido establecidas en proyectos cuya ejecución ya ha terminado. El presente documento presenta un diagnóstico del estado actual de esas APS, y se plantea las intervenciones requeridas para constituir las en unidades de producción apropiadas para incorporarlas a la red de fuentes semilleras propuestas en el proyecto Fondo SAG (Servicio Agrícola y Ganadero) "Fuentes de Semilla Mejorada para las Especies Prioritarias en la Estrategia de Diversificación Forestal Nacional", el cual tiene como objetivo general proveer de semilla genéticamente mejorada de especies forestales alternativas para satisfacer la necesidad estratégica de diversificar la producción forestal del país.

## OBJETIVOS

El objetivo del establecimiento de fuentes de semilla genéticamente mejorada (APS y huertos semilleros) de especies prioritarias para la diversificación forestal es contribuir a la difusión de estas especies, apoyar programas de plantación con ellas y generar una masa forestal productiva que permita la generación de alternativas de productos al país.

El objetivo específico de este documento es caracterizar el estado actual de APS establecidas anteriormente, en el marco de distintos programas de mejoramiento en que ha participado el Instituto Forestal (INFOR), darlas a conocer al sector y promocionar el uso de especies forestales alternativas en la producción forestal nacional mediante material genético con algún grado de mejoramiento.

## MATERIAL Y MÉTODO

El diagnóstico de las APS existentes se realizó mediante el análisis de 14 unidades que fueron establecidas durante la ejecución de programas de mejoramiento genético realizados por INFOR y otras instituciones (Universidad Austral, Corporación Nacional Forestal y Empresas Forestales) y 4 unidades establecidas durante la ejecución del proyecto SAG. La administración actual corresponde a INFOR, quien cuenta con financiamiento del proyecto señalado para mantener y aprovechar estas unidades. Las APS establecidas corresponden a las identificadas en el Cuadro N° 1.



El diagnóstico consistió en:

Evaluar la metodología empleada para establecer las APS

Caracterizar su estado actual

Comparar su estado actual con el estado inicial del rodal y con las características de la APS proyectada.

**Cuadro N° 1**

**ÁREAS PRODUCTORAS DE SEMILLAS (APS) CONSIDERADAS EN EL PROYECTO FONDO SAG**

ESPECIE	N° DE UNIDADES	PREDIO (Propietario)
Coigüe	1	Pilmaiquén (COFOMAP)
Pino oregón	3	Aquihue (Agrícola y Forestal Taquihue Ltda.)
		Pilmaiquén (COFOMAP)
		Malacahuello (CONAF)
Raulí	4	El Morro (JCE Ltda.)
		Malacahuello (CONAF)
		El Manzano (MAGASA)
		Remeco (Forestal Neltume Carranco S.A.)
Roble	5	Aquihue (Agrícola y Forestal Taquihue Ltda.)
		Fuy (COFOMAP)
		Parcela 7 (Sucesión Zúñiga)
		Pumillahue (CONAF)
Lenga	1	Rupanco (Manuka, ex Forestal Cabildo S.A.)
		Caiquén Grande, Forestal Mininco
Canelo	2	Río Sur, José Soto Santana, Puerto Varas
		Aguas Buenas, Helga Montecinos Araya, Ancud
Aromo Australiano	2	Quilas Bajas, Hernan Toepser Klima
		Buchoco, Herito Leal Carrillo

### Metodología para Establecer APS

Se efectuó un análisis de los procedimientos empleados para establecer APS que han sido reportados en distintas investigaciones de mejoramiento genético forestal. En general estos planteamientos corresponden a su aplicación en plantaciones, por lo cual, en el caso del bosque nativo, se hizo necesario adecuarlos al ecosistema natural. El procedimiento empleado se describe en los puntos siguientes.

#### - Selección de Rodales Candidatos

Sobre la base de antecedentes generales recabados en investigaciones anteriores, información de empresas y experiencias personales, se determinaron zonas de prospección donde la calidad del bosque existente podría permitir la creación de una APS. Como se verá en los párrafos posteriores, la formación de una APS involucra la ejecución de labores silvícolas que implican la eliminación de árboles, por lo cual, la elección final del rodal considera el total

acuerdo con el propietario.

### - Caracterización de los Rodales Candidatos

Para efectos de comparar entre si los rodales candidatos y poder seleccionar en forma más objetiva a aquellos que se transformarían en APS, se procedió a caracterizar a cada uno de ellos mediante el planteamiento de parcelas de muestreo.

De acuerdo a lo anterior se construyó parcelas circulares de 1/20 de hectárea (radio = 12,61 m), las que se distribuyó al azar, con una intensidad de muestreo del 5% (1 parcela por hectárea de rodal candidato). En ellas se evaluó a todos los árboles, registrándose antecedentes dasométricos y fundamentalmente variables relacionadas con la calidad y forma de ellos (Cuadro N° 2).

Con la información de estas parcelas se procedió a calcular los parámetros descriptivos del rodal. De este modo se construyó un índice de calidad (IC) de cada árbol, el cual se definió como la suma lineal de los puntajes obtenidos en las variables rectitud de fuste, copa, ángulo de ramas y diámetro de ramas, ponderando por 3 la rectitud de fuste y posteriormente transformado a una escala de 0 a 100.

$$IC\% = 3x RF + C + DR + AR \quad (0 \text{ a } 100)$$

Cabe hacer notar que la rectitud del fuste se torna en una variable preponderante, debido a que es una característica altamente heredable por la descendencia generada a través de semillas y es también un factor significativo en el aprovechamiento industrial de la madera.

**Cuadro N° 2**  
**PAUTA DE EVALUACIÓN DE ÁRBOLES PARA CARACTERIZACIÓN DE RODALES CANDIDATOS A APS**

<b>PS: Posición Social</b>	<b>DAP: Diámetro Altura del Pecho</b>
1. Suprimido o Intermedio 2. Dominante o codominante	(cm)
<b>Ht: Altura Total</b>	<b>Hc: Altura Comercial.</b>
(m)	(m)
<b>R.F. Rectitud Fuste</b>	
1. Torcedura severa con pérdida del eje. 2. Torcedura pronunciada en un plano y otras 3. Torcedura pronunciada en un plano sin pérdida del eje 4. Torceduras leves en más de un plano 5. Recto o con torcedura leve en un sólo plano	

<b>C: Copa</b>	1. Muy inferior al promedio 2. Inferior al promedio 3. Promedio 4. Superior al promedio 5. Muy superior al promedio
<b>DR: Diámetro de ramas</b>	
<b>AR: Ángulo de ramas</b>	
<b>BIF: Bifurcaciones</b>	<b>SAN: Sanidad</b>
1. Bifurcación en fuste comercial 2. Sin Bifurcación, o sobre altura comercial	1. Daños generalizados 2. Signos locales de daño 3. Aparentemente sano

### - Transformación de los Rodales en APS

Una vez caracterizados los rodales a transformar en APS, se simuló la conformación de la APS mediante la eliminación de los datos de los individuos menos deseables y se procedió a recalcular los parámetros de rodal y coeficiente de calidad en base a los árboles superiores remanentes. Posteriormente, se marca en terreno un raleo utilizando el mismo criterio que se usó para simular la transformación del rodal, pero con la información generada en las nuevas parcelas de muestreo.

El paso siguiente lo constituye la ejecución del raleo, el manejo de los desechos y la identificación de las zonas de cosecha y aislación (Figura N° 1). La primera zona corresponde al núcleo de la APS donde efectivamente se puede cosechar semilla mejorada que de algún modo refleje la calidad de los padres (árboles remanentes). La zona de aislación es un área de protección donde se evita el ingreso de polen indeseable de otros árboles aledaños a la APS. A esta zona también se le denomina área de dilución de polen y no se considera cuando se señala la superficie de la APS, aún cuando los árboles presentes en esta área tienen la misma calidad que los árboles de la zona de cosecha.



Figura N° 1  
TRANSFORMACIÓN APS



**Figura N° 2**  
**EVALUACIÓN Y MARCACIÓN DE ÁRBOLES EN APS**

### **Estado Actual de las APS**

Fueron reevaluadas las APS establecidas haciendo uso de técnicas de muestreo equivalentes a las utilizadas originalmente en los rodales (parcelas circulares de 500 m<sup>2</sup> distribuidas con una intensidad de muestreo de 5% equivalente a una parcela por hectárea). Las parcelas fueron distribuidas al azar y se registró datos dasométricos y de calidad de los árboles. El procedimiento de muestreo fue el mismo que para la caracterización inicial de los rodales seleccionados y que se describió en el punto anterior. Los datos registrados se han expresado en términos de parámetros de rodal y de características de calidad resumidas en el índice de calidad promedio. Dentro de lo posible, se desplegó las parcelas de este muestreo sobre los mismos lugares en que se estableció el muestreo original. La operación se efectuó en verano del año 2004. Utilizando igual metodología se evaluó 3 rodales candidatos de aroma australiano y 3 de canelo.

### **Comparación de Estado Actual con Situación Original y Proyectada**

Se comparó el estado actual de las APS con los datos registrados al momento de seleccionar el rodal. Esto se extendió también a la situación proyectada, mediante simulación de las intervenciones de raleo. Esta comparación permite determinar si el manejo aplicado mejora efectivamente la calidad del rodal y cuanto más falta intervenir para llegar al escenario final proyectado.

### **DESCRIPCIÓN GENERAL DE LAS ÁREAS PRODUCTORAS DE SEMILLAS**

El procedimiento implementado para el establecimiento de APS fue homogéneo para todas las unidades. Se seleccionó rodales candidatos, se evaluó en función de la calidad de los árboles, se simuló el estado de la APS resultante y posteriormente, en función de características dasométricas y de calidad del rodal remanente, se identificó los rodales que definitivamente se transformarían en APS. Una vez definidos los rodales se procede a su conversión mediante raleos sucesivos (Figura N° 2).



Se simuló la aplicación de raleos necesarios para la conversión definitiva de los rodales en APS. La ejecución de estos raleos se distanció 2 a 3 años en cada APS. En la mayoría de los casos se efectuó todas las intervenciones, como consecuencia el estado actual de las APS se transforma en el estado final y, como se puede apreciar en el Cuadro N° 3, los índices de calidad promedio de los árboles aumentaron. En algunos casos existía la posibilidad de realizar un mayor número de raleos, lo que permitiría mejorar aún más el valor de este índice de calidad, sin embargo se ponía en riesgo la permanencia de la APS debido al aumento de la vulnerabilidad del rodal al viento. Cabe señalar que el proceso de intervenciones se realizó paulatinamente durante periodo aproximado de 8 años, al inicio del cual se parte con las APS generadas en programas de mejoramiento genético anteriores de INFOR en conjunto con otras instituciones. Durante los últimos 4 años se finalizó las intervenciones indicadas para todas las APS existentes y se llevó a cabo el procedimiento total de generación de un Área Productora de Semillas para las especies armo australiano y canelo.

Cabe señalar que las APS de raulí de El Morro y Parcela 2 de roble, si bien fueron evaluadas para definir su transformación, finalmente no fueron establecidas. El rodal seleccionado denominado El Morro, luego de la simulación de las intervenciones no presentaba una mejora que justificara la intervención. En el caso de la APS denominada Parcela 7 no hubo acuerdo con el propietario para la intervención.

**Cuadro N° 3**  
**SITUACIÓN ORIGINAL Y ACTUAL DE CADA APS**

Espece/Predio	Estado	Superficie (ha)	Densidad (árb/ha)	DAP (cm)	Hc (m)	IC (0-100)
Coigüe/Pilmaiquén	Original		645	27,5	14	30,1
	Actual	7	233	40,1	19,5	48,2
	Aumento IC					60%
Rauli/Malalcahuello	Original		240	41,1	19,3	34,5
	Actual	3	60	44	20,8	48,1
	Aumento IC					39%
Rauli/El Manzano	Original		490	28	18,9	36,8
	Actual	10	300	31,7	20,5	51
	Aumento IC					39%
Rauli/Remeco	Original		300	31,5	16	26,4
	Actual	6	213	37,1	19,3	61,6
	Aumento IC					133%

Especie/Predio	Estado	Superficie (ha)	Densidad (árbo/ha)	DAP (cm)	Hc (m)	IC (0-100)
Roble/Arquihue	Original		360	35,5	22,1	34,9
	Actual	3	173	42,2	26,3	49,8
	<i>Aumento IC</i>					43%
Roble/Fuy	Original		280	29,5	18,7	32,7
	Actual	2,1	210	34,2	23,1	48
	<i>Aumento IC</i>					47%
Roble/Pumillahue	Original		640	26,9	19,1	37,8
	Actual	3,5	247	35,2	23,1	47,1
	<i>Aumento IC</i>					25%
Roble/Rupanco	Original		460	28,9	19,6	29,5
	Actual	1,8	140	40,7	25	52,4
	<i>Aumento IC</i>					78%
Lenga/Caiquen	Original		670	35,6	10,2	43,8
	Actual	6	175	43,3	11,7	53,6
	<i>Aumento IC</i>					22%
Canelo/Río Sur	Original		1386	15,9	10,1	56,2
	Actual	2,5	373	18,1	11,2	77
	<i>Aumento IC</i>					37%
Canelo/Aguas Buenas	Original		2180	13	10,2	49,1
	Actual	2	320	16,1	10,2	77
	<i>Aumento IC</i>					57%
Pino Oregón/Arquihue	Original		760	28,2	15	42,3
	Actual	3	310	39	22,4	66,9
	<i>Aumento IC</i>					58%
Pino Oregón/Pilmaiquen	Original		600	S/I	S/I	S/I
	Actual	7	366	34	15,2	58,5
	<i>Aumento IC</i>					S/I



Especie/Predio	Estado	Superficie (ha)	Densidad (árb/ha)	DAP (cm)	Hc (m)	IC (0-100)
Pino Oregón/ Malacahuello	Original		447	35,1	16,3	41,1
	Actual	2,7	350	39,6	20,1	68
	<i>Aumento IC</i>					65%
Acacia/Buchoco	Original		3330	12,5	12,4	34,3
	Actual	1	210	21,6	14,8	68,3
	<i>Aumento IC</i>					99%
Acacia/Quilas Bajas	Original		680	18,5	11,3	38,7
	Actual	2,5	110	19,1	11,8	72,3
	<i>Aumento IC</i>					87%

(Fuente: Proyecto Fondo SAG: Fuentes de Semilla Mejorada para las Especies Prioritarias en la Estrategia de Diversificación Forestal Nacional).

DAP: Diámetro a la Altura del Pecho promedio.

Hc: Altura comercial Promedio

IC: Índice de calidad promedio (Equivale al promedio de los índices de calidad de cada árbol evaluado).



#### APS COIGÜE PILMAIQUEN

Renovación coigüe

15 ha

Sector "Aserradero" Predio  
Pilmaiquén

Empresa COFOMAP S.A.

Precordillera Andina

Comuna de Neltume

Región de Los Ríos

Los raleos sucesivos conducen a un mejoramiento en el índice de un 60%





### **APS RAULÍ MALALCAHUELLO**

Rodal raulí

3 ha

Reserva Forestal Malacahuello

CONAF

Región de La Araucanía

Raleos conducen a mejoramiento en el índice de calidad de un 39% (Malla para colecta semillas)



### **APS RAULÍ EL MANZANO**

Rodal raulí 40 a 60 años edad

10 ha

Predio El Manzano

Forestal MAGASA SA:

Precordillera Andina

Comuna de Melipeuco

Región de La Araucanía

El sector corresponde a una ladera de pendiente moderada, exposición sur, frente al sector de "Los Mesones" Índice de calidad aumentó en un 39%.



### **APS RAULÍ REMECO**

Rodal casi puro raulí 40 a 60 años edad

6 ha

Predio Remeco

COFOMAP SA.

Precordillera Andina

Comuna de Neltume

Región de Los Ríos



Índice de calidad aumentó en un 133%



**APS ROBLE ARQUILHUE**

Renoval roble

4 ha

Predio Arquihue

Propietario Agrícola y Forestal  
Taquihue Ltda.

Comuna de Futrono

Región de Los Ríos

Sector "Vivero"

Índice de calidad aumentó en un  
39%



**APS ROBLE FUY**

Renoval roble, con participación menor de otras especies como tepa y coigüe.

2,1 ha

Predio Huilo Huilo

COFOMAP SA.

Comuna de Neltume

Región de los Ríos

Salida del pueblo de Neltume hacia Fuy, a orilla del camino público.



### **APS Roble PUMILLAHUE**

Rodal roble 40 a 50 años edad  
4 ha  
Predio Pumillahue  
CONAF  
Comuna de Mariquina  
Región de Los Ríos  
Índice de calidad aumentó en un 25%  
Rodal aislado de polen externo, buenas características de forma.



### **APS Roble RUPANCO**

Rodal casi puro de roble  
3 ha  
Hacienda Rupanco, actualmente perteneciente a la empresa Manuka de Nueva Zelanda  
Comuna Osorno  
Región de Los Lagos  
Índice de calidad aumentó en 78%



### **APS Lenga CAIQUÉN GRANDE**

Rodal de lenga  
6 ha  
Predio El Cauquén Grande  
Forestal Mininco SA.  
Comuna de Coyhaique  
Región de Aysén  
Índice de calidad aumentó en un 22%  
Sector Vista Hermosa, 40 km al sur de  
Coyhaique.



### **APS Canelo RIO SUR**

Renoval casi puro canelo  
2,5 ha  
Predio Río Sur  
José Soto Santana  
Comuna de Puerto Varas  
Región de Los lagos  
Sítio plano sobre suelos ñadis, a los  
pies del Volcán Calbuco.  
Raleos sucesivos conducirían a in-  
crementar Índice de calidad en un  
37%



### **APS Canelo AGUAS BUENAS**

Renoval de canelo  
2 ha  
Predio Aguas Buenas  
Helga Montecinos  
Comuna de Ancud  
Isla de Chiloé Región de Los La-  
gos  
Raleos sucesivos mejoran Índice  
de calidad en un 57%  
Suelos planos de ñadis.



### **APS Pino Oregón ARQUILHUE**

Plantación pino oregón año 1973  
4,5 ha  
Perdío Arquihue  
Agrícola y Forestal Taquihue Ltda.  
Comuna de Futrono  
Región de Los Ríos  
Índice de calidad aumenta en un 58%  
Rodal con raleos tardíos (1995 y 2000)  
y suaves.  
Suelos trumaos.



### **APS Pino Oregón PILMAIQUÉN**

Plantación pino oregón 30 años  
Predio Pilmaiquén  
COFOMAP  
Comuna de Neltume  
Región de Los Ríos  
Precordillera Andina  
Área temporalmente reservada para  
reproducción de huemules,  
transformación en ASP pendiente.



### **APS Pino Oregón MALALCAHUELLO**

Plantación pino oregón año 12975  
2,5 ha  
Reserva Forestal Malalcahuello  
CONAF  
Comuna de ¿?  
Región de La Araucanía  
Índice de calidad se incrementa en 65%  
Rodal con dos raleos previos.





**APS *Acacia melanoxyton* BU-  
CHOCO**

Rodal aroma australiano

1 ha

Sector Buchoco

Comuna de Contulmo

Región del Bio Bio

Ladera SW cercana a ribera  
sur Lago Lanalhue

Rodal e regeneración natural  
a partir de árboles cercanos de 18  
a 20 años.



**APS *Acacia melanoxyton* QUI-  
LAS BAJAS**

Plantación aroma australiano 15  
años edad

2 ha

Predio ¿? Quilas Bajas

Propietario Herman Toepser Kli-  
ma y Otro

Comuna Freire

Región de la Araucanía

Ladera baja exposición NE

## REQUERIMIENTOS DE SEMILLA MEJORADA

En el marco del proyecto Fondo SAG, Fuentes de Semilla Mejorada para las Especies Prioritarias en la Estrategia de Diversificación Forestal Nacional, se efectuó una evaluación de la demanda de semilla de las especies consideradas en el proyecto.

En primer lugar se estimó la producción de semilla en las Áreas Productoras de Semillas, especialmente las de *Nothofagus*, y posteriormente se efectuó una encuesta a viveros productores de las especies ubicados entre las Regiones del Maule y de Los Lagos.

## Disponibilidad de Semillas en APS

La estimación de la producción de semillas de las distintas APS se efectuó utilizando colectores de semillas de 1m<sup>2</sup>, de malla puesta en forma de embudo (Figura N° 3), para capturar la semilla que cae en el periodo de fructificación y con esto tener una relación de la productividad de semilla por hectárea por cada APS. Se instaló 20 colectores por unidad productora de las especies de *Nothofagus*. Durante el primer año de evaluación, temporada 2004, la producción de semilla fue escasa a nula.



Figura N° 20  
COLECTOR DE SEMILLA

Durante la temporada 2005-2006 se repitió la evaluación y, de acuerdo a las muestras obtenidas en los colectores, se estimó la producción de semillas por unidad de superficie, obteniéndose los resultados resumidos en el Cuadro N° 5.

Cuadro N° 5  
ESTIMACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE SEMILLAS EN APS DE ROBLE, RAULÍ Y COIGÜE

	Superficie Colectores (m <sup>2</sup> )	Producción (Kg/ha)
<b>ROBLE</b>		
Rupanco	50	64,2
Arquihue	1000	29,57
Pumillahue	200	27,7
Puerto Fuy	40	270,8
<b>RAULI</b>		
Remeco	20	1,35
Manzano	20	0,58
Malacahuello	40	4,3

	Superficie Colectores (m <sup>2</sup> )	Producción (Kg/ha)
<b>COIGÜE</b>		
Pilmaiquén	40	43,3

En el caso de pino oregón la semilla fue cosechada directamente, escalando los árboles. Para ello se extrae los conos aún cerrados. No es conveniente dejar que la semilla precipite al suelo dado que es de fácil depredación. También se observó que en general en las APS de pino oregón un número mínimo de árboles produce semilla. En este caso es más conveniente escalar aquellos árboles que presentan una producción adecuada (20% de la copa con presencia de conos).

La producción de semilla de las especies de *Nothofagus* es altamente variable de año en año, motivo por el cual es recomendable realizar una sobre cosecha en los años de buena producción y proceder a limpiar y a almacenar adecuadamente la semilla para temporadas posteriores.

Dentro de las APS de roble destaca la alta producción estimada para Puerto Fuy, la que se debe principalmente a que esta APS es una unidad en que el proceso de transformación se encuentra terminado y existe una mayor apertura del dosel y por ende un mayor volumen de copa y producción floral. Adicionalmente se puede agregar que la calidad del sitio es bastante apropiada, en términos de suelo (trunco profundos) y situación de frío extremo. Esta última condición favorece la producción de semillas lo cual obedece a una estrategia de perpetuación de la especie.

También es posible concluir que la producción de semilla de rauli fue bastante baja. Se esperaba que fuera al menos similar a la de roble o coigüe. Con ello se concluye que los ciclos de producción para *Nothofagus* no son coincidentes para las especies del género.

En el caso de coigüe se detectó que es menos cíclico que el resto de los *Nothofagus*, pero la calidad de la semilla, en cuanto a viabilidad y germinación, se ha revelado como altamente variable.

En el caso de lenga, no hubo producción en las temporadas evaluadas.

### Producción de Plantas en Viveros Forestales entre las Regiones del Maule y Los Lagos

Con el fin de evaluar la demanda potencial de semilla de las especies forestales consideradas en el proyecto se realizó una encuesta alrededor de 100 viveros localizados, entre las Regiones del Maule y Los Lagos, y que tenían como característica común la producción de una o más de las especies.

La mayor concentración de viveros se encontró en las Region de La Araucanía (51), sin embargo la mayor producción de plantas de las especies estudiadas se encuentra en las Regiones de Los Ríos y Los Lagos, con 5.126.650 plantas de un total de 7.798.364 plantas



producidas por el total de los viveros encuestados.

En la Región del Maule se encuestó 15 viveros, entre los cuales se producen 7 de las especies de interés: aramo australiano, canelo, castaño, coigüe, pino oregón, raulí y roble. El total de plantas producidas de estas especies en la Región es de 52.600 y corresponde sólo al 0,7% del total.

En la Región del Bio Bio se encuestó 25 viveros, los que producen en su conjunto las 10 especies consideradas en el proyecto. La Región produce 313.850 plantas de estas especies, lo que alcanza al el 4% del total nacional.

En las Regiones de Los Ríos y Los Lagos, como se señaló anteriormente, se encuestó 51 viveros, pero se debió eliminar 9, los cuales ya no producían las especies consideradas o bien ya no estaban en funcionamiento. Se produce 2.305.264 plantas de estas 10 especies, lo que corresponde al 30% del total.

En las cinco regiones encuestadas, el 59% de los viveros obtiene su semilla por cosecha directa (autoabastecimiento) o a través de proveedores informales. Sólo 7 de los viveros encuestados utiliza para su producción semilla mejorada proveniente de APS o Huerto Semillero. También se evidenció que el 10% de los viveros no utiliza semillas y produce a base de plantas extraídas de regeneración natural en rodales de las especies.

Respecto de problemas de disponibilidad de semilla, sólo el 25% de los viveros señaló tenerlos. Dentro de las causas, el 64% de los que señalan dificultades declara que la oferta de semilla es nula u ocasional. El resto de los viveros señaló que la dificultad se debe a que la semilla es muy cara.

En la pregunta que se relaciona con la existencia de una reglamentación legal para la semilla forestal que respalde el origen, calidad y sanidad, a nivel de las 4 regiones el 88% de los viveros, que respondieron la pregunta (95 viveros), señala que ello es muy importante porque de ese modo se asegura la obtención de mejores resultados en la producción de plantas con respecto a la inversión. A nivel regional esta respuesta se repite en el 100% de los viveros de la Región del Maule, el 91% de la Región del Bio Bio, el 89% de la Región de la Araucanía y el 73% de las Regiones de Los Ríos y Los Lagos. Los viveros que respondieron que no tiene mayor importancia este aspecto no fundamentan la respuesta o no confían en que una reglamentación en la materia efectivamente se cumpla.

A la consulta de si preferían utilizar semilla certificada por un organismo oficial, el 96% de los viveros encuestados responde afirmativamente. A nivel regional, estas respuestas son 100%, 95%, 100% y 87% en las regiones ordenadas de norte a sur.

Respecto del mismo tema, las respuestas positivas tampoco son fundamentadas claramente, pero en general señalan que podría ser un buen mecanismo para regular el precio de las semillas y avalar calidad y origen.

La especie que se produce en un mayor número de los viveros encuestados es pino

oregón (50 viveros) y en el otro extremo está pino piñonero (4 viveros). Estas especies también representan los extremos en la producción de plantas. En las regiones involucradas se producen 2.673.380 de pino oregón y 4.300 de pino piñonero. En ambos casos, la mayor producción de plantas se produce en la Región de La Araucanía y pino piñonero es producido sólo en las IX Regiones del Bio Bio y La Araucanía.

Entre las especies de *Nothofagus* las más producidas son roble y coigüe, con 1.370.830 y 1.343.110 planta, respectivamente, y estas especies concentran el 34,8% del total de producción de plantas del conjunto de especies consideradas en la encuesta. En menor escala se produce rauli, con el 13,6% de esta producción. En tanto lenga tiene una producción poco significativa, con el 2% de la producción total.

Para 9 de las 10 especies el mayor número de viveros se concentra en la Región de La Araucanía. Solamente *Eucalyptus regnans* es producido mayoritariamente en la Región del Bio Bio. La producción de canelo, castaño, coigüe, lenga, rauli y roble está concentrada en la Región de La Araucanía y, en particular la de especies de *Nothofagus*, sobre el 70% de la producción nacional, se realiza en la Región de La Araucanía y concentrada en 17 viveros.

Al considerar las fuentes de abastecimiento de semillas, en la mayoría de las especies, sobre el 50% de los viveros utiliza semilla sin ningún grado de mejora ni certificación (autoabastecimiento o proveedores informales). Aparentemente sólo en coigüe, *Eucalyptus regnans* y pino oregón este porcentaje baja del 50% de los viveros, pero incluso en estas últimas sólo entre el 52 y 60% de los viveros utilizarían semilla de proveedores formales.

Al preguntar para qué especies se utiliza semilla mejorada (de APS o Huerto), se concluye que el número de viveros que lo hace para alguna es bastante escaso; 1 para aroma australiano, 2 para coigüe, 2 para rauli y 2 para roble. De acuerdo a los antecedentes que existen en INFOR, sólo habría un huerto clonal productivo de rauli, por lo que en el caso de las otras especies es probable que las semillas provengan de rodales o áreas que los viveristas estiman de buena calidad.

En términos generales, no se detectó problemas de importancia en abastecimiento de semillas, tal vez las mayores limitaciones estén en roble, rauli y coigüe, especies producidas en 35 a 39% de los viveros. En rauli y roble la oferta parece escasa y se debe principalmente a problemas de "añerismo". Para coigüe en tanto, los viveristas indican que las limitaciones están en baja oferta y alto costo de semilla.

Para las especies con menores limitaciones de disponibilidad los viveros se autoabastecen o lo hacen a través de proveedores informales. La excepción son *Eucalyptus regnans* y pino oregón, especies para las que la producción está fuertemente concentrada en un vivero de la Región del Bio Bio, para la primera, y en uno de la Región de La Araucanía más dos de las Regiones de Los Ríos y Los Lagos, para la segunda, y los viveristas aseguran su abastecimiento con fuentes formales.

## COMENTARIOS Y CONCLUSIONES

Las áreas productoras de semillas constituyen una alternativa válida para generar semilla genéticamente mejorada al inicio de un programa de mejoramiento genético y los rodales seleccionados, para su transformación en APS, efectivamente son de una calidad superior y cumplen con los estándares requeridos para conformar este tipo de fuentes semilleras.

La metodología empleada para la conversión de los rodales seleccionados en áreas productoras de semillas también resulta apropiada para este fin. De igual forma, la implementación de las intervenciones (raleos) se efectuó forma apropiada y las áreas productoras resultantes tienen un buen potencial para la producción de semilla genéticamente mejorada.

En términos de parámetros dasométricos, el estado actual de los rodales transformados en APS es mejor que la situación proyectada al momento de su selección y evaluación originales. Ello obedece a la diferencia de tiempo que ha transcurrido entre la evaluación original y la actual, lo que ha significado un mayor crecimiento acumulado.

En términos de calidad, el escenario de las APS se ha presentado como intermedio entre las situaciones originales y proyectadas, siendo posible mejorar aún más el índice de calidad, como consecuencia de los raleos y depuraciones faltantes.

En síntesis las APS existentes constituyen una buena aproximación a la conformación de la red de semillas propuesta en el proyecto, restando aún cuantificar su producción por un periodo mayor e incluyendo aquellas APS que no han sido evaluadas aún en términos de su producción de semillas. Todo ello para determinar si estas son suficientes para satisfacer las demandas actuales y futuras de semilla mejorada que requerirá la diversificación forestal y la aplicación de la Ley de Bosque Nativo.

Es preciso destacar que las APS existentes corresponden a 7 de las 11 especies prioritarias para la diversificación forestal (roble, raulí, coigüe, lenga, canelo, aroma australiano y pino oregón). Para el caso de *Pinus pinea*, *Castanea sativa* y *Eucalyptus regnans*, el proyecto Fondo SAG propuso la conformación de Huertos Semilleros Clonales a partir de árboles plus seleccionados durante la ejecución del mismo. Actualmente, ya se ha instalado los huertos para castaño y *Eucalyptus regnans*. En el caso de *Pinus pinea*, no ha sido posible obtener los rametos (clones injertados) suficientes para su implementación.





---

# ANÁLISIS DE UN SISTEMA SILVOPASTORAL CON *Pinus radiata* D. DON. ASOCIADO CON GANADO OVINO EN LA ZONA MEDITERRÁNEA COSTERA CENTRAL DE CHILE.

Alvaro Sotomayor Garretón<sup>1</sup> y Cesar Cabrera Severino<sup>2</sup>

## RESUMEN

En el año 1983 se estableció un sistema silvopastoral con *Pinus radiata* D. Don, el cual se compara en su productividad y rentabilidad con dos sistemas de uso tradicional en el secano costero de la Región de O'Higgins, Chile; el manejo ganadero ovino y el sistema forestal con *Pinus radiata*.

El sistema silvopastoral fue diseñado a una densidad de 625 árboles por hectárea, plantados en conglomerados de 4 plantas, con un espaciamiento a dos por dos metros entre plantas y a 6 metros entre conglomerados, combinados con tres tipos de pradera (pradera sembrada de trébol subterráneo y falaris, pradera natural mejorada con fertilización y pradera natural sin fertilización), con un manejo animal con ovinos, el cual fue manejado con podas y raleos terminando con una densidad final promedio de 200 arb.ha<sup>-1</sup>, podado a 7 metros de altura. El sistema forestal puro se inició con una densidad de 1.600 arb.ha<sup>-1</sup>, llegando al final de la rotación con 500 arb.ha<sup>-1</sup> podado a 4.1 metros de altura. El manejo del sistema ganadero con ovinos, con las mismas praderas utilizadas en el sistema silvopastoral, fue el tradicional usado por los productores de dicha zona.

Los resultados del estudio arrojan una rentabilidad similar entre los sistemas silvopastorales con pradera natural mejorada y pradera natural, demostrando que los sistemas silvopastorales entregan una interesante alternativa para los productores del secano costero de la Región de O'Higgins, dado que les permite obtener ingresos intermedios por la venta de carne y lana, y madera proveniente de raleos, mientras que obtienen un ingreso final por la venta de madera a los 24 años de rotación por el componente forestal. Los sistemas ganaderos fueron los que obtuvieron la menor rentabilidad entre los sistemas comparados, siendo en todos los casos el de menor rentabilidad cuando se utiliza la pradera sembrada, tanto en sistema silvopastorales como pastorales puro, por el alto costo de la fertilización anual que este tipo de pradera requiere.

---

<sup>1</sup> Ingeniero Forestal, M.Sc., Investigador Instituto de Investigación Forestal de Chile (INFOR), Sede Bio Bio, Concepción, Chile; asotomay@infor.cl

<sup>2</sup> Ingeniero Forestal, Corporación Nacional Forestal (CONAF), Rancagua, Chile; ccabrera@conaf.cl

## **ANALYSIS OF A SILVOPASTORAL SYSTEM WITH *Pinus radiata* D. DON, ASSOCIATED WITH OVINES IN THE CENTRAL COASTAL MEDITERRANEAN ZONE OF CHILE.**

### **SUMMARY**

In 1983 a silvopastoral system with *Pinus radiata* D Don was established, which is compared in its productivity and yield with two systems of traditional use in the coastal dry land of Region of O'Higgins, Chile, as they are the ovine cattle handling and a forest system with *Pinus radiata*.

The silvopastoral system was designed to a density of 625 trees by hectare, planted in conglomerates of 4 plants, spaced two by two meters between plants, and spaced 6 meters between conglomerates, combined with three types of prairie (prairie seeded of subterranean clover and fallaris; natural prairie improved with fertilization; and natural prairie without fertilization), with a handling animal with ovines, which was managed with thinnings and prunings and finishing with a final density 200 average of trees ha<sup>-1</sup>, pruned to 7 meters height. The forest system beginning with a density of 1,600 trees ha<sup>-1</sup>, arriving at the end of the rotation with 500 trees ha<sup>-1</sup> pruned at 4.1 meters height. The handling of the cattle system with ovines, with the same prairies used in the silvopastoral system, was the traditional one used by the producers of this zone

The results of the study shows a similar yield between the silvopastoral systems with natural improved prairie and natural prairie, with de forest system, demonstrating that the silvopastoral systems give an interesting alternative for the producers of the coastal dry land of the O'Higgins Region, since it allows them to obtain intermediate income by the sale of meat and wool, and wood from thinnings, whereas they obtain a final entrance by the sale of wood at the end of rotation, 24 years, by the forest component. The traditional cattle systems were those that obtained the smaller yield between the compared systems, being in all the cases the one of smaller yield when the seeded prairie is used, as much in pure silvopastoral as pastoral system, because of the high cost of the annual fertilization that this type of prairie requires.

## INTRODUCCIÓN

En la actualidad los pequeños propietarios silvoagropecuarios ubicados en el secano costero de la Región de O'Higgins, Chile, destinan gran parte de sus suelos a la actividad ganadera extensiva, principalmente con ovinos, sin resguardo de la capacidad de uso de los suelos, encontrándose vastas extensiones de suelos de capacidad de uso VI y VII (forestal-ganadera), cubiertas con praderas naturales de regular a mala calidad, con una baja productividad para la producción de carne y/o lana y con suelos erosionados producto de un sobretalajeo y de una baja protección con vegetación perenne sobre estos. Lo anterior debido que es uno de los rubros que les permite ingresos anuales, junto con cultivos anuales como trigo, cebada, lentejas y otros, tanto para el autoconsumo, como para la venta.

Por lo anteriormente señalado, el mejoramiento de la rentabilidad de los predios de la Región, o al menos de un importante segmento de ellos, pasa por innovar e incorporar tecnologías adecuadas, que permitan mejorar la eficiencia de producción de sus rubros tradicionales y que considere la sustentabilidad del sistema utilizado. Dentro de esta innovación e incorporación de tecnología, es posible la integración del rubro forestal y ganadero en forma conjunta como sistema productivo, llamado "Sistema Silvopastoral", dentro de un mismo espacio físico, potrero, o bajo un ordenamiento predial, que permita generar una simbiosis, en la cual se vean beneficiados ambos rubros.

Desde el punto de vista técnico, con la incorporación de árboles en las unidades prediales destinadas a la ganadería tradicional, ordenados de acuerdo a algún diseño silvopastoral, se puede ayudar a incrementar la productividad de los recursos agropecuarios, principalmente en la producción de forraje y producción animal con ganado ovino o bovino, por el mejoramiento de las condiciones ambientales dentro de su área de influencia

La protección brindada por los árboles a los vegetales y animales se expresa en disminución de la velocidad del viento, aumento de la temperatura ambiental, del suelo y de la humedad relativa, disminución del déficit hídrico, protección del ganado contra lluvias y bajas temperaturas, reducción de la erosión por viento o lluvias, y otros aspectos (Sotomayor *et al.*, 2004; Sotomayor, 1989; Sotomayor, 1990; [www.agroforesteria.cl](http://www.agroforesteria.cl); Quam & Johnson, 1999).

La componente forestal incorporada por su parte se ve beneficiada por el ganado en el sistema (Anderson *et al.*, 1988), por el consumo de malezas por parte de este que evita la competencia con los árboles, en especial en los primeros años de crecimiento (disminuyendo a su vez la posibilidad de incendios forestales); por el reciclaje de nutrientes en el suelo; también estará beneficiada por las fertilizaciones que reciban las praderas y cultivos forrajeros asociados a las plantaciones; y por el mayor espacio dejado para el crecimiento de los árboles, producto del ordenamiento agroforestal.

Desde el punto de vista económico, los productores locales que incorporen estas tecnologías mixtas y las integren dentro de sus predios podrán mejorar su flujo de caja anual por la venta de animales (carne y/o lana), que permitirá solventar los gastos propios del grupo familiar, como también del manejo de los bosques mientras estos maduran y entreguen productos (Sotomayor, 1990) y así mejorar su calidad de vida (Leslie, *et al.*, 1998; Polla, 1998). Podrán obtener recursos madereros intermedios, como metros ruma, madera para postes

o leña, al momento de efectuar las labores de raleos y poda y, finalmente, podrán obtener productos maderables de alta calidad (madera libre de nudos o con nudos firmes), al final de la rotación de la plantación forestal al haber manejado sus bosques. Además, se puede señalar que los predios se valorizarán, al momento de establecer una masa forestal dentro de ellos.

Todo este sistema integrado de producción silvopastoral, se caracterizará por su sustentabilidad, ya que permitirá recuperar terrenos degradados, controlar los procesos de erosión, proteger los cursos de agua y mejorar la calidad del agua, aumentar la capacidad de captura del CO<sub>2</sub> atmosférico ([www.agroforesteria.cl](http://www.agroforesteria.cl)) y, al mismo tiempo, cumplirá con generar un paisaje estéticamente más agradable y mantener un hábitat para la vida silvestre.

## OBJETIVOS

Comparar la productividad de sistemas silvopastorales con *Pinus radiata* asociados a tres tipos de pradera y ganado ovino, con los sistemas tradicionales de uso del suelo con ganado ovino, y una situación de manejo forestal tradicional, en el secano costero de la Región de O'Higgins, Chile.

## ANTECEDENTES GENERALES

El presente estudio está siendo desarrollado en el Centro Experimental Forestal (CEF) Tanume, ubicado en la Comuna de Pichilemu, Región de O'Higgins, Chile.

### Descripción de la Unidad Experimental, CEF Tanume

Sector: Tanume, Predio costero, 40 km al norte de la Ciudad de Pichilemu, Región de O'Higgins.

Comuna: Pichilemu

Provincia: Cardenal Caro

Ubicación Geográfica: 34°15' LS y 74°49' LW.

Propietario del predio: CONAF

Especies Forestales Utilizadas: *Pinus radiata* D. Don

Tipo de Pradera: Pradera sembrada con Trébol subterráneo (*Trifolium subterraneum*) y falaris (*Phalaris aquatica* cv *sirosa* y cv *steptanera*), pradera natural mejorada con fertilización, y pradera natural sin fertilización.

Especies Animales Utilizadas: Ovinos, Raza Merino Precoz

### Caracterización de la Unidad Experimental

Esta unidad se ubica en el predio Tanume a unos 40 km al norte de la ciudad de Pichilemu, ubicada en una zona de clima Templado Subhúmedo, sobre una terraza marina, ubicada en el secano costero de la Región.



**Cuadro N° 1**  
**PARÁMETROS CLIMÁTICOS SECANO COSTERO**  
**REGIÓN DE O'HIGGINS**

Parámetros	CLIMA
	Templado Sub Húmedo
T° media anual (C°)	11,6
T° media mínima (C°)	8,6
Periodo libre heladas (meses))	9
Precipitaciones (mm año <sup>-1</sup> )	705
Periodo Seco (meses)	8

## MATERIAL Y MÉTODO

Para evaluar la factibilidad de la combinación silvopastoral en el secano costero de la región y con el fin de entregar un sistema integral de manejo sustentable de los predios de pequeños propietarios y así mejorar su productividad, el estudio consideró la implementación de diferentes módulos experimentales para comparar los usos tradicionales en la zona, como son los usos forestales con *Pinus radiata* y los usos ganaderos con ovinos, versus un sistema silvopastoral con *Pinus radiata* asociado a producción ovina y diversos tipos de praderas en terrenos del CEF Tanume, de propiedad de CONAF.

Se instaló durante el año 1983 unidades de investigación de 6 ha cada con el fin de estudiar el comportamiento de la especie *Pinus radiata* bajo densidades silvopastorales (625 arb.ha<sup>-1</sup>) y manejo intensivo con ovinos, y su influencia en la productividad de una pradera naturalizada, mejorada y una sembrada; además se compara con un sistema ganadero con ovinos con las mismas tres tipos de praderas y, con un sistema forestal tradicional con una densidad de 1.600 arb.ha<sup>-1</sup> al establecimiento, y con un manejo forestal apropiado para la pequeña propiedad.

## Tratamientos

El detalle de los tratamientos instalados, su diseño y superficie, está resumido en el Cuadro N° 2.

**Cuadro 2**  
**DESCRIPCIÓN DE TRATAMIENTOS EN CEF TANUME**

Tratamiento	Componente arbóreo			Tipo de Manejo	Esquema de Plantación
	Densidad arb.ha <sup>-1</sup>		Altura Poda planificada (m)		
	Inicial	Final Esperada			
<b>T 1: PS 625</b>	625	200	7,0	Sistema Silvopastoral con producción ovina, pradera sembrada de trébol subterráneo y falaris, asociado con una cubierta arbórea de <i>Pinus radiata</i>	Plantación en conglomerados de 4 plantas, de <i>Pinus radiata</i> plantadas a 2 x 2 m, espaciadas a 6 m entre ellos, (2x2) x 6 m
<b>T 2: PM 625</b>	625	200	7,0	Sistema Silvopastoral con producción ovina, pradera natural mejorada con régimen de fertilización, asociado con una cubierta arbórea de <i>Pinus radiata</i>	Plantación en conglomerados de 4 plantas, de <i>Pinus radiata</i> plantadas a 2 x 2 m, espaciadas a 6 m entre ellos, espaciamiento a (2x2) x 6 m
<b>T 3: PN 625</b>	625	200	7,0	Sistema Silvopastoral con producción ovina, pradera natural, asociado con una cubierta arbórea de <i>Pinus radiata</i>	Plantación en conglomerados de 4 plantas, de <i>Pinus radiata</i> plantadas a 2 x 2 m, espaciadas a 6 m entre ellos, espaciamiento a (2x2) x 6 m
<b>T4: Forestal 1600</b>	1600	500	4,10	Manejo forestal con podas y raleos con fines de producción de madera; sin manejo ganadero	Plantación a una densidad de 1600 arb/ha, con espaciamiento a 2x3 m
<b>T5: PS</b>	-	-	-	Sistema ganadero con producción ovina, y pradera sembrada de trébol subterráneo y falaris,	Sin árboles
<b>T6: PM</b>	-	-	-	Sistema ganadero con producción ovina y pradera natural mejorada con fertilización.	Sin árboles
<b>T7: PN</b>	-	-	-	Sistema ganadero con producción ovina y pradera natural sin fertilización.	Sin árboles

PS: Pradera sembrada; PM: Pradera Mejorada; PN: Pradera Natural  
625: densidad 625 arb.ha<sup>-1</sup>; 1600: densidad 1600 arb.ha<sup>-1</sup>

(PS fue establecida en conjunto con un cultivo de trigo)

## Descripción de los Tratamientos

**-T1: Sistema Silvopastoral (PS 625).***Pinus radiata* plantado a 625 arb.ha<sup>-1</sup>- pradera sembrada - ganado ovino

Cuadro N° 3

**ESQUEMA DE MANEJO SISTEMA SILVOPASTORAL DE *Pinus radiata* CON 625 arb.ha<sup>-1</sup> EN CONGLOMERADO CON PRADERA SEMBRADA Y GANADO OVINO**

Año	Densidad residual (arb.ha <sup>-1</sup> )	Arboles a podar o extraer (arb.ha <sup>-1</sup> )	Actividad
0	625		<b>Establecimiento de la plantación:</b> Habilitación de terreno (roce y ordenamiento desechos) Preparación del suelo para plantación (subsulado, camellones curva nivel) Construcción de cerco, control de malezas preplantación Plantación densidad 625 arb.ha <sup>-1</sup> , en conglomerados de 2x2 m y 6 m entre conglomerados. Fertilización con boro y NPK.
1	625		<b>Manejo y Mantenimiento de plantación:</b> Control malezas postplantación
3	625		Corrección de forma (eliminar daños por helada y polilla)
5	625	468	Poda 1 (máximo 30-40% de la altura del árbol)
6	625	318	Raleo 1 a desecho
7	318	313	Poda 2 (máximo 20-25% copa viva del árbol)
8	313	226	Raleo comercial
10	226	200	Poda final (hasta 7 m)
10	226	200	Raleo comercial
24	200	200	Cosecha Final
2			<b>Establecimiento pradera</b>
2			Preparación suelo (aradura, rastraje)
2,3,4,5			Siembra
6,7,9,10,11			Fertilización
			Fertilización
3			<b>Manejo ganadero (ovinos)</b>
3			Construcción corral
3-10			Introducción ganado
3-10			Vigilancia ganado
4-8			Transporte ganado
			Gastos financieros ganado

**T2: Sistema Silvopastoral (PM 625).**

*Pinus radiata* 625 arb.ha<sup>-1</sup> - pradera mejorada - ganado ovino.

**Cuadro N° 4**

**ESQUEMA DE MANEJO SISTEMA SILVOPASTORAL DE *Pinus radiata* CON 625 arb.ha<sup>-1</sup> EN CONGLOMERADO CON PRADERA MEJORADA Y GANADO OVINO**

Año	Densidad residual (arb.ha <sup>-1</sup> )	Arboles a podar o extraer (arb.ha <sup>-1</sup> )	Actividad
0	625		<b>Establecimiento de la plantación:</b> Habilitación de terreno (roce y ordenamiento desechos) Preparación del suelo para plantación (subsolado, camellones curva nivel) Construcción de cerco, control de malezas preplantación Plantación densidad 625 arb.ha <sup>-1</sup> , en conglomerados de 2x2 m y 6 m entre conglomerados. Fertilización con boro y NPK.
1	625		<b>Manejo y Mantenición de plantación:</b> Control malezas postplantación
3	625		Corrección de forma (eliminar daños por helada y polilla)
5	625	468	Poda 1 (máximo 30-40% de la altura del árbol)
6	625	318	Raleo 1 a desecho
7	318	313	Poda 2 (máximo 20-25% copa viva del árbol)
8	313	226	Raleo comercial
10	226	200	Poda final (hasta 7 m)
10	226	200	Raleo comercial
24	200	200	Cosecha Final
3, 6			<b>Manejo pradera</b> Fertilización
11			Fertilización
3			<b>Manejo ganadero (ovinos)</b> Construcción corral
3			Introducción ganado
3-10			Vigilancia ganado
3-10			Transporte ganado
4-8			Gastos financieros ganado

**- T3: Sistema Silvopastoral (PN 625).***Pinus radiata* con 625 arb.ha<sup>-1</sup> - pradera natural - ganado ovino.**Cuadro N°5****ESQUEMA DE MANEJO SISTEMA SILVOPASTORAL DE *Pinus radiata* CON 625 arb.ha<sup>-1</sup> EN CONGLOMERADO CON PRADERA NATURAL Y GANADO OVINO**

<b>Año</b>	<b>Densidad residual (arb.ha<sup>-1</sup>)</b>	<b>Arboles a podar o extraer (arb.ha<sup>-1</sup>)</b>	<b>Actividad</b>
0	625		<b>Establecimiento de la plantación:</b> Habilitación de terreno (roce y ordenamiento desechos) Preparación del suelo para plantación (subsulado, camellones curva nivel) Construcción de cerco. control de malezas preplantación Plantación densidad 625 arb.ha <sup>-1</sup> , en conglomerados de 2x2 m y 6 m entre conglomerados. Fertilización con boro y NPK.
1	625		<b>Manejo y Mantención de plantación:</b> Control malezas postplantación
3	625		Corrección de forma (eliminar daños por helada y polilla)
5	625	468	Poda 1 (máximo 30-40% de la altura del árbol)
6	625	318	Raleo 1 a desecho
7	318	313	Poda 2 (máximo 20-25% copa viva del árbol)
8	313	226	Raleo comercial
10	226	200	Poda final (hasta 7 m)
10	226	200	Raleo comercial
24	200	200	Cosecha Final
			<b>Manejo pradera</b> Sin manejo
			<b>Manejo ganadero (ovinos)</b> Construcción corral Introducción ganado Vigilancia ganado Transporte ganado Gastos financieros ganado
3			
3			
3-10			
3-10			
4-8			

#### T4: Sistema Forestal (TESTIGO 1600).

Con *Pinus radiata*

Este sistema consiste en una plantación forestal, con una rotación de 24 años a contar desde el año 1983. La densidad de plantación fue de 1.600 arb.ha<sup>-1</sup>, a un espaciamiento de 2x3 m. En el siguiente cuadro se detalla el esquema de manejo para la rotación completa del sistema.

Cuadro N° 6  
ESQUEMA DE MANEJO SISTEMA FORESTAL PURO DE *Pinus radiata*

Año	Densidad residual (arb.ha <sup>-1</sup> )	Arboles a podar o extraer (arb.ha <sup>-1</sup> )	Actividad
0	1.600		<p><b>Establecimiento de la plantación:</b>                      Habilitación de terreno (roce y ordenamiento desechos)                      Preparación del suelo para plantación (subsulado, camellones curva nivel)                      Construcción de cerco, control de malezas preplantación                      Plantación densidad 1.600 arb.ha<sup>-1</sup>, a 2x3 m.                      Fertilización con boro y NPK.</p>
1	1600		<p><b>Manejo y Mantenión de plantación:</b>                      Control malezas postplantación</p>
3	1600		Corrección de forma (eliminar daños por helada y polilla)
5	1.351	1.351	Poda 1 (máximo 30-40% de la altura del árbol)
6	1.351	779	Raleo 1 a desecho
7	779	771	Poda 2 (máximo 20-25% copa viva del árbol)
8	771	500	Raleo comercial
24	500	500	Cosecha Final

- **T5: Sistema pastoral (PS).**  
Pradera sembrada - ganado ovino.

Este sistema se estableció el año 1985 con una proyección de 22 años, y corresponde a la siembra de una pradera para producción ovina. La faena de siembra ocurre en el año 0 y la fertilización ocurre durante todos los años. Las faenas relacionadas con la componente ganadera se mantienen por todo el periodo. En el siguiente cuadro se detalla el esquema de manejo para la rotación completa del sistema.

**Cuadro N° 7**  
**ESQUEMA DE MANEJO SISTEMA PASTORAL PRADERA SEMBRADA**  
**Y GANADO OVINO**

<b>Año</b>	<b>Actividad</b>
	<b>Establecimiento y Manejo pradera</b>
	Cercado
0-5	Fertilización
7-15	Fertilización
17-22	Fertilización
	<b>Manejo ganadero (ovinos)</b>
1	Construcción corral
1	Introducción ganado
1-22	Vigilancia ganado
1-22	Transporte ganado
1-22	Gastos financieros ganado



**T6: Sistema pastoral (PM).**

Pradera mejorada - ganado ovino

Este sistema se estableció el año 1986 con una proyección de 21 años, y corresponde a la mantención y mejoramiento de una pradera para ganado. En este caso el mejoramiento de la pradera (fertilización) ocurre en 6 ocasiones durante el período. Las faenas relacionadas con la componente ganadera se mantienen por casi todo el período. En el siguiente cuadro se detalla el esquema de manejo para la rotación completa del sistema.

**Cuadro N° 8**  
**ESQUEMA DE MANEJO SISTEMA PASTORAL,**  
**PRADERA MEJORADA Y GANADO OVINO**

<b>Año</b>	<b>Actividad</b>
0	<b>Establecimiento y Manejo pradera</b>
0, 3, 8, 12	Cercado
15, 20	Fertilización
	Fertilización
	<b>Manejo ganadero (ovinos)</b>
1	Construcción corral
1	Introducción ganado
1-22	Vigilancia ganado
1-22	Transporte ganado
1-22	Gastos financieros ganado

**T7: Sistema pastoral (PN).**

Pradera natural - ganado ovino

En este sistema no se incurrió en costos para establecimiento o manejo de la pradera, dado que se trabajó con una pradera natural, y solo se incurrió en costos de manejo ganadero.

**Cuadro N° 9**  
**ESQUEMA DE MANEJO SISTEMA PASTORAL,**  
**PRADERA NATURAL Y GANADO OVINO**

<b>Año</b>	<b>Actividad</b>
0	<b>Establecimiento y Manejo pradera</b>
	Cercado
	<b>Manejo ganadero (ovinos)</b>
1	Construcción corral
1	Introducción ganado
1-22	Vigilancia ganado
1-22	Transporte ganado
1-22	Gastos financieros ganado



## Diseño Experimental

### - Numero de parcelas:

Se instaló tres parcelas por tratamiento, con un diseño al azar, para cada tratamiento con presencia de árboles (T1, T2 y T3), para la evaluación de los parámetros forestales.

### - Tamaño Parcelas y Variables Respuesta

Los parámetros a evaluar en los tratamientos con presencia de árboles son:

Diámetro altura del pecho (DAP cm)  
 Área Basal (AB  $m^2 \cdot ha^{-1}$ ),  
 Altura Total (H m)  
 Altura Comercial (H m)  
 Altura de Poda (m)  
 Cobertura de Copa.

T1 a T3: Sistemas Silvopastorales. Parcelas circulares, de 907  $m^2$ , distribuidas al azar dentro de las 6 ha del tratamiento, para la evaluación de las variables forestales.

T4: Forestal Puro. Parcelas circulares de 314  $m^2$ , distribuidas al azar dentro del área del tratamiento, para la evaluación de las variables forestales.

Los parámetros a evaluar en los tratamientos sin presencia de árboles. Evaluación ganadera y pratense:

Productividad de la Pradera: Para la medición de la productividad de la pradera dentro del tratamiento T4, en materia seca. $ha^{-1}$  (kg), se mide las variables de la pradera utilizando jaulas metálicas de exclusión, de una medida de 50 cm de ancho x 100 cm de largo x 50 cm de alto. Se utilizó jaulas de exclusión para cada tratamiento donde se evalúa la productividad de la pradera de los tratamientos con pradera.

Evaluación Productividad Animal: Para la evaluación de la productividad animal, como incremento en peso vivo (kg), dentro de los tratamiento ganaderos y silvopastorales, se empleó las masas animales de ovinos, de acuerdo a la capacidad de carga.

En el caso de los tratamientos con componente forestal, la evaluación requiere proyectar los resultados a 24 años de rotación. Para esto se emplea el Simulador Radiata para los productos que se detalla en el Cuadro N° 10.



Cuadro N° 10  
DESCRIPCIÓN DE PRODUCTOS UTILIZADOS EN LA SIMULACIÓN  
Y PRECIOS DE PRODUCTOS POR m<sup>3</sup>

PRODUCTO	CALIDAD	Largo (m)	Diam min (cm)	Precio (UF/m <sup>3</sup> )	Precio (U\$/m <sup>3</sup> )
P1	Podado	2,80	36	1,77	60
P2	Podado	2,80	32	1,62	55
P3	Aserrable s/poda	3,25	32	1,48	50
P4	Aserrable s/poda	3,25	24	1,33	45
P5	Aserrable s/poda	3,25	18	1,03	35
P6	Aserrable s/poda	3,25	14	0,89	30
P7	Pulpable	2,44	10	0,59	20
P8	Leña	2,44	6	0,3	10

Valores puesto planta

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Rendimientos Forestales

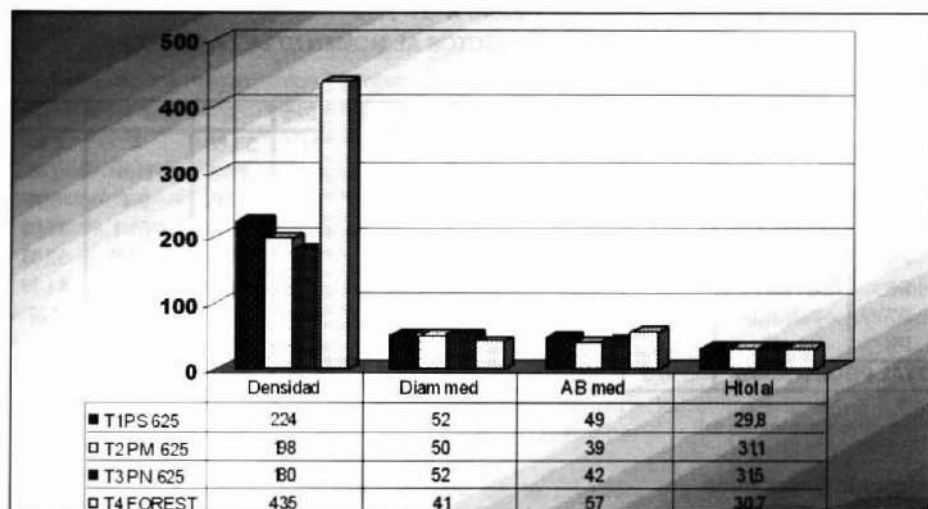
Los resultados de la evaluación de cada uno de los factores productivos son expuestos a continuación.

Como se indica en la Figura N° 1, la evolución de los parámetros forestales al momento de la cosecha, es decir a los 24 años, siguen los principios tradicionales de una plantación establecida a bajas densidades *versus* a una a alta densidad.

DAP: Los mayores diámetros se obtienen en los sistemas silvopastorales con diámetros entre los 50 a 52 cm, *versus* 41 cm del sistema forestal.

AB: El área basal, que es fuertemente influenciada por la densidad, obtuvo los mayores valores con el tratamiento forestal, seguida por T1 que, dentro de los sistemas silvopastorales, fue el que obtuvo la mayor densidad final con 224 arb. ha<sup>-1</sup>

H total: La altura total no es influenciada por la densidad, lo cual indica que los tratamientos fueron instalados en una misma calidad de sitio.



**FIGURA N° 1**  
**RESULTADOS PARÁMETROS FORESTALES A LOS 24 AÑOS**

La calidad de los productos que se obtiene de un manejo forestal está directamente relacionada con el material genético utilizado, la calidad del sitio y el manejo que se da a la plantación. En este caso el material genético y calidad de plantas fue el mismo y los tratamientos fueron instalados en el mismo sitio, de modo que las diferencias en los resultados radican en el manejo y el diseño utilizado.

La mayor productividad en términos de volumen total se obtuvo en el tratamiento forestal, con  $479.5 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ , versus una productividad similar entre los tratamientos silvopastorales (Cuadro N° 11). La diferencia se produce en cuanto a la calidad de los productos obtenidos y a la distribución de estos productos en la producción total. Los productos podados, que son los que tienen un mayor precio, entregan entre un 37 a 38% del volumen total en los tratamientos silvopastorales, versus solo un 3,1 % en el sistema forestal. En el sistema forestal el volumen mayor se concentra en P4 y P5, que son productos intermedios en cuanto al valor, lo cual incidirá en la rentabilidad del sistema.

**Cuadro N° 11**  
**PRODUCCIÓN POR TIPO DE PRODUCTOS AL MOMENTO DE LA COSECHA**

Producto	Calidad	PS 625	%	PM 625	%	PN 625	%	Test 1600	%
P1	Podado	120,7	30,95	122,2	31,58	131	33,68	4	0,83
P2	Podado	27,2	6,97	25,1	6,49	17	4,37	11,5	2,40
P3	Aserrable s/p	82,2	21,08	85,5	22,10	95	24,43	9,4	1,96
P4	Aserrable s/p	95,1	24,38	87,7	22,67	87,3	22,45	201,1	41,94
P5	Aserrable s/p	37,6	9,64	37,8	9,77	32,5	8,36	153,6	32,03
P6	Aserrable s/p	13,2	3,38	15,1	3,90	14	3,60	54,6	11,39
P7	Pulpable	10,2	2,62	9,9	2,56	8,8	2,26	33,4	6,97
P8	Leña	3,8	0,97	3,6	0,93	3,3	0,85	11,9	2,48
<b>TOTAL PRODUCCION</b>		<b>390,0</b>	<b>100,0</b>	<b>386,9</b>	<b>100,0</b>	<b>388,9</b>	<b>100,0</b>	<b>479,5</b>	<b>100,0</b>

Volúmenes en m<sup>3</sup>

### Evaluación Económica

La evaluación económica de los tratamientos comparados toma en cuenta todos los ingresos, forestales y animales, como los incentivos que entrega el Gobierno en base a subsidios a la forestación y a la recuperación de suelos, durante toda la rotación de los tratamientos. También toma en cuenta los costos de cada uno de los tratamientos evaluados y expuestos en el punto descripción de tratamientos.

Los resultados que se expone en el Cuadro N° 12, permiten notar que se obtiene los mejores resultados en aquellos tratamientos donde participa la componente forestal. Los mejores resultados en cuanto a VAN y TIR se encuentran en los dos tratamientos silvopastorales, T2 y T3, y en el tratamiento forestal T4, sin diferencias significativas entre ellos. Las menores rentabilidades están en los tratamientos ganaderos con ovinos y, en especial, en aquellos donde participa la componente pradera sembrada, lo cual es similar en el caso silvopastoral. Esto se debe al alto costo de la fertilización que una pradera sembrada con trébol subterráneo y falaris requiere para su desarrollo.

**Cuadro N° 12**  
**EVALUACIÓN ECONÓMICA DE LOS TRATAMIENTOS COMPARADOS**  
**CON Y SIN BONIFICACIÓN FORESTAL**

TRATAMIENTOS PRODUCTIVOS	CON BONIFICACION		SIN BONIFICACION	
	VAN (10%)	TIR (%)	VAN (10%)	TIR (%)
<b>T1, Silvopastoral 625-Pradera sembrada</b>	73,75	12,40%	-10,82	9,70%
<b>T2, Silvopastoral 625-Pradera mejorada</b>	148,38	16,20%	52,81	11,50%
<b>T3, Silvopastoral 625- Pradera natural</b>	141,94	16,16%	44,33	11,28%
<b>T4, Testigo Forestal 1600</b>	108,34	15,50%	3,44	10,10%
<b>T5, Pradera sembrada</b>	-180,59	Indet	-188,73	Indet
<b>T6, Pradera mejorada</b>	-49,26	Indet	-57,55	Indet
<b>T7, Pradera natural</b>	0,84	10,45	0,84	10,45%

## CONCLUSIONES

Los resultados entregados en este estudio, arrojan interesantes cifras en la evaluación económica de los tratamientos comparados. Los mejores resultados se obtienen cuando participa la componente forestal, es decir los sistemas silvopastorales y el forestal.

Los sistemas silvopastorales con pradera natural manejada (TIR 16,2%), silvopastoral con pradera natural (TIR 16,0%), y forestal puro (TIR 15,5%) ofrecen los mejores resultados. Por el contrario, en todos los sistemas ganaderos las rentabilidades fueron negativas.

Los resultados indican que los sistemas silvopastorales son una interesante alternativa para los pequeños propietarios de suelos de secano, dado que son los sistemas mejor evaluados en cuanto a rentabilidad y además ofrecen beneficios como:

- Obtención de ingresos anuales producto de los cultivos anuales y de la producción animal, en este caso con ovinos.
- Interesante ingreso al final de la rotación, por la venta de productos forestales de una alta calidad originada en el manejo de los bosques.
- Sienta una base para fomentar la forestación con fines diferentes a los tradicionales en la legislación de fomento gubernamental, lo que resultaría de gran valor e interés para los pequeños propietarios, dado que les permitiría mantener sus sistemas productivos, y adaptarlos más fácilmente con un manejo forestal.
- Mantener a los propietarios en sus tierras, evitando la migración a las ciudades, lo cual los desarraiga, origina pobreza marginal y cambia su sistema cultural agrícola.

En los sistemas silvopastorales, al realizar un manejo forestal intensivo con fines de producción de madera libre de nudos y de alta calidad, arroja interesantes resultados económicos debido a la obtención de productos podados, que influyen positivamente los resultados de la evaluación económica.

## REFERENCIAS

- Anderson, G.W., Moore, R.W. and Jenkins, P.J., 1988.** The integration of pasture, livestock and widely-spaced pine in South West Western Australia. *Agroforestry Systems*, **6**: 195-211.
- Leslie, B., Knowles, R. y Moore, R., 1998.** Silvopastoreo con *Pinus radiata* en Zonas Frías. In: *Compilación de Resultados en Diversos Ensayos de Modelos Silvopastorales en Chile y en el Extranjero*.
- Polla, C., 1998.** Estrategias de Acción en el Tema Silvopastoreo. IN: *Actas Seminario "Manejo Silvopastoral"* Trabajo N°8, Young. Uruguay.



**Quam, V. and Johnson, I., 1999.** Windbreaks for Livestock Operations. University of Nebraska Cooperative Extension EC 94-1766-X. Recuperado el 31 de Enero de 2002 de World Wide Web: <http://www.lanr.unl.edu/pubs/forestry/ec1766.htm>

**Rodriguez, M., 1998.** Evaluación Económica del Sistema Silvopastoral Pino/Oveja Presente en el Centro Experimental Forestal Tanume CONAF, VI Región. Memoria Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Universidad de Chile. Santiago, Chile

**Sotomayor, A., 1989.** Sistemas Silvopastorales y su Manejo. Chile Agrícola, (156):203-206.

**Sotomayor, A., 1990.** Sistemas Silvopastorales y su Manejo. Chile Agrícola, (157):203-206.

**Sotomayor, A., Garcia E. 2004.** Cartilla Agroforestal N° 2, Sistemas Silvopastorales. INFOR, 2004.

**www.agroforesteria.cl, 2007.** Red Agroforestal Nacional, Publicaciones, Cartillas Agroforestales. INFOR, Concepcion, Chile.

# DETERMINACIÓN DE LA EDAD DE APROVECHAMIENTO DE INDIVIDUOS DE *Prosopis alba* MEDIANTE UN MODELO LOGÍSTICO DE INTERCEPTO ALEATORIO PARA INCREMENTOS RADIALES

Juárez de Galíndez, M.<sup>1</sup>; Giménez, A. M.<sup>2</sup>; Ríos N.<sup>3</sup>; Balzarini, M.<sup>4</sup>

## RESUMEN

De las 15 especies arbóreas nativas del Parque Chaqueño semiárido en Argentina, el algarrobo blanco (*Prosopis alba* Griseb) pertenece a la categoría de especies secundarias con alta variabilidad de patrones de crecimiento entre individuos. Es una de las mimosáceas argentinas de mayor importancia económica, ya que la madera, es muy cotizada para muebles, carpintería de obra, pisos y revestimientos. Su creciente utilización también para leña, forraje y alimentos hace que el recurso sea muy explotado. Según los principios básicos de un aprovechamiento racional y sostenido, no se debe aprovechar los bosques a una tasa mayor que la de su crecimiento. Por ello es necesario estimar el patrón de crecimiento biológico para que los árboles no sean utilizados antes o después de la edad de culminación del crecimiento biológico.

El objetivo de este trabajo es determinar la edad de aprovechamiento de un individuo "tipo" de algarrobo blanco (*Prosopis alba*) que crece en Santiago del Estero, Argentina, bajo condiciones no limitantes más allá de las asociadas a características climáticas propias de la región. Para ello, se filtró variaciones debidas al clima regional y otros disturbios y se modeló la señal biológica contenida en las series de anchos de anillos con un modelo logístico de intercepto aleatorio para contemplar y entender mejor variaciones del crecimiento entre individuos de la misma especie bajo las mismas condiciones ambientales. La esperanza marginal del modelo logístico mixto fue usada para construir curvas de incremento corriente anual y medio que, superpuestas en un mismo plano temporal, permitieron identificar la edad a la cual estos crecimientos son equivalentes (edad de culminación biológica). Se encontró que, para un árbol tipo de algarrobo blanco creciendo en esta región del Chaco Semiárido, el crecimiento anual promedio es de 0.40 cm/año y que el comienzo en la disminución del mismo podría esperarse alrededor de los 60 años. A pesar del descenso en la tasa de crecimiento a partir de los 60 años y debido a la acumulación de masa maderable, el estudio sugiere que no es conveniente que el aprovechamiento de estos árboles se realice antes de los 90 años de edad.

**Palabras clave:** Algarrobo blanco, crecimiento, incrementos radiales, modelo logístico

<sup>1</sup> Cátedra de Estadística

<sup>2</sup> Cátedra de Dendrología

<sup>3</sup> Cátedra de Dasometría. Universidad Nacional de Santiago del Estero. Facultad de Ciencias Forestales.-Instituto de Silvicultura y Manejo de Bosques. Santiago del Estero, Argentina. Tel/Fax: (0385) 450-9550. E-mail: marga@unse.edu.ar

<sup>4</sup> Estadística y Biometría, CONICET- Fac. de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Córdoba

## ABSTRACT

Out of the 15 native tree species in the Semiarid Chaco Park, the algarrobo blanco (*Prosopis alba* Griseb.) belongs to the so-called secondary species category showing high inter-individual variability in growth patterns. From an economical standpoint, it is one of the most important Argentinean *mimosae* since its wood is highly valued for the making of furniture, built-in carpentry, parquet, and coverings. It is increasingly utilized as charcoal, forage and food as well which altogether make it an extensively exploited resource. In accordance with the basic principles for a rational and sustained harvesting, forests must not be exploited at a rate that is higher than that of its development. Thus, the biological growth pattern needs to be estimated so that trees are not harvested before or after the age their biological growth is reached.

The aim of this paper is to determine the age at which an average individual of algarrobo blanco (*Prosopis alba*) growing in Santiago del Estero, Argentina, is better harvested under no other limiting conditions than those associated to the climate of the region. Thus, using a logistic model for random interception and keeping variations owed to climate and other disturbances apart, the biological signal contained in the series of ring widths was modeled for a better observation and understanding of variations among individuals of the same species and under the same conditions. Using the marginal hope of the mixed logistic model both the annual and average growth curves were plotted and the age at which they are equivalent (i.e. biological culminating age) was identified by superposing them at a same temporal plane. It was found that 0.40 cm per year is the average annual growth for a typical individual of algarrobo blanco growing in this region of the Semiarid Chaco Park and that its growth decrease might be expected to occur when it is about 60 years old. Despite the latter and due to the timberable mass, this study suggests that these trees should not be harvested before they are 90 years old.

**Key words:** Algarrobo blanco, growth, radial increment, logistic model.



## INTRODUCCIÓN

En los últimos 65 años la reducción de bosques y montes naturales en Santiago del Estero, Argentina, ha sido del orden del 69 % de la masa forestal inicial, desmontándose en promedio alrededor de 11395 km<sup>2</sup>/año (Naumann y Madariaga, 2003). Para revertir esta situación, es necesario tomar medidas que deberán basarse necesariamente en investigaciones sobre la biología y productividad de los bosques (Giménez, 1998). Los estudios de crecimiento son importantes para los encargados de planificar el manejo y la conservación forestal. De las 15 especies arbóreas de Santiago del Estero, el algarrobo blanco (*Prosopis alba* Griseb) pertenece a la categoría de especies secundarias, por formar parte del estrato intermedio con ejemplares de 8 a 12 metros de altura. Es una de las mimosáceas argentinas de mayor importancia económica (Giménez *et al.*, 1998).

Su madera, es muy cotizada para muebles, carpintería de obra, parquet, revestimientos. Su creciente utilización también para leña, forraje y alimentos hace que este recurso sea explotado sin tener en cuenta los principios básicos de un aprovechamiento racional y sostenido; por ello existe interés en determinar la edad de aprovechamiento más precisamente y para lo cual es necesario modelar el crecimiento. La modelación del crecimiento del leño de especies nativas en su ambiente permite la estimación de los momentos donde los árboles alcanzan el máximo crecimiento medio, información de utilidad para una apropiada corta, es decir una corta que se realice en un momento en el que se asegura la renovación (Perpiñal *et al.*, 1995).

El modelado estadístico del crecimiento biológico forestal se realiza más frecuentemente en términos de rodales coetáneos. Cuando éstos no son coetáneos es necesario realizar un pre-tratamiento de las series de anchos de anillos de crecimiento para identificar la señal que se pretende modelar (señal debida a la edad del árbol). Eliminadas las variaciones debida al clima o disturbios de sitio para cada serie de ancho de anillos, generalmente se modela una curva de crecimiento promedio poblacional que representa el promedio de los crecimientos logrados por un número de árboles para una misma edad de su ciclo de vida.

Distintos modelos lineales (Graybill, 1976) y no lineales (Lee, 1982) en sus parámetros son utilizados en la modelación de tendencia de curvas de crecimiento biológico poblacional. En *Prosopis alba* Griseb, Juárez de Galindez *et al.* (2005) comparan los modelos no lineales de Chapman-Richards y logístico sobre series dendrocronológicas previamente suavizadas para descontar la variabilidad debida a variaciones climáticas, encontrando que el modelo logístico provee un mejor ajuste que el modelo de Chapman-Richard y que cualquier modelo lineal. La función logística es frecuentemente utilizada como modelo para la explicación de variaciones de incrementos de anchos de anillos en las ciencias forestales, en función de la edad biológica. Más allá de la aplicabilidad de este modelo no lineal a nivel poblacional, numerosos estudios de crecimiento con especies nativas del Chaco Semiárido sugieren una gran variabilidad entre árboles de la misma especie y por tanto las curvas promedios poblacionales pueden ser cuestionables.

Las diferencias en patrones de crecimiento de individuo a individuo en *Prosopis alba* en el Chaco Semiárido Argentino son mayores a las que se podrían modelar estadísticamente con un modelo de regresión que contenga sólo un término aleatorio de error. Mediante el enfoque de los modelos mixtos, es posible obtener un modelo que capte la estructura general

contemplando la variabilidad tanto inter como intra-árbol (Balzarini *et al*, 2004).

Nuevas aplicaciones de modelos no lineales mixtos con uno o más coeficientes de regresión aleatorios (Molenbergh y Verbeke, 2007) han mostrado ser apropiadas para modelar estos crecimientos hipervariables. La interpretación de los parámetros del modelo con coeficientes aleatorios depende de la naturaleza lineal o no lineal de la función usada para expresar el crecimiento. Los modelos de crecimiento del tipo mixtos no lineales, como podría ser un modelo logístico con coeficientes aleatorios, permiten inferir tanto sobre crecimientos de árboles específicos como sobre patrones típicos o característicos de una población de árboles.

En los últimos años, en la República Argentina, se realizó estudios sobre el crecimiento en especies leñosas nativas: Perpiñal *et al* (1995); Giménez (1998); Giménez *et al.* (1998); Gimenez *et al.*, (2000); Juárez de Galindez (2001); Juárez de Galindez *et al* (2003); Juárez de Galindez y Balzarini (2003); Juárez de Galindez *et al* (2005); Juárez de Galindez *et al* (2007)a; Juárez de Galindez *et al.* (2007)b. En ellos se abordó las curvas de crecimiento bajo modelos de efectos fijos lineales y no lineales y también bajo modelos sujeto-específico en el marco teórico de los modelos lineales mixtos pero no se trabajó con modelos mixtos no lineales.

El objetivo de este trabajo es modelar el crecimiento poblacional en diámetro de algarrobo blanco (*Prosopis alba*) en el Chaco Semiárido de Argentina, con un modelo logístico que incorpore un componente aleatorio a fin de contemplar mejor las variaciones de crecimiento entre individuos. La finalidad además es la aplicación del modelo ajustado en la determinación e interpretación de la edad óptima de aprovechamiento de individuos típicos de algarrobo blanco en el área de interés.

## MATERIAL Y MÉTODOS

El estudio se realizó con árboles provenientes de distintas localidades de Santiago del Estero, provincia argentina que forma parte de la Región del Chaco Semiárido. El clima de la provincia es cálido, con temperaturas bastante uniformes, cuyas máximas absolutas superan los 45° C en verano y temperaturas mínimas absolutas de hasta -10° C en invierno. Las precipitaciones oscilan de 750 mm en la parte oriental a 500 mm al oeste del territorio provincial, disminuyendo progresivamente de este a oeste siendo el balance hídrico deficitario en la mayor parte de la provincia, en todos los meses del año (Boletta, 1988).

De una muestra de árboles de algarrobo blanco de distintos tamaños, tomada al azar dentro de rodales de distintas zonas de la provincia, se escogió aleatoriamente 10 individuos de aquellos que cumplieran con las siguientes características: adultos (diámetro a la altura del pecho superior a 30 cm, con corteza); calidad del fuste (sin defectos); posición social (árbol dominante); tipo de copa (simétrica) y vitalidad (sano) para evitar modelar el crecimiento de árboles con fuertes limitaciones o disturbios no comunes. Los individuos seleccionados fueron apeados durante 1997 en las localidades Loreto (LS. 28°18'3.74", LO. 64°10'44.95"); Las Delicias, (LS. 26°40'51.70", LO. 64° 0'28.13") y Coronel Rico, (LS. 26°23'6.11", LO. 61°48'51.77") (Cuadro N° 1).

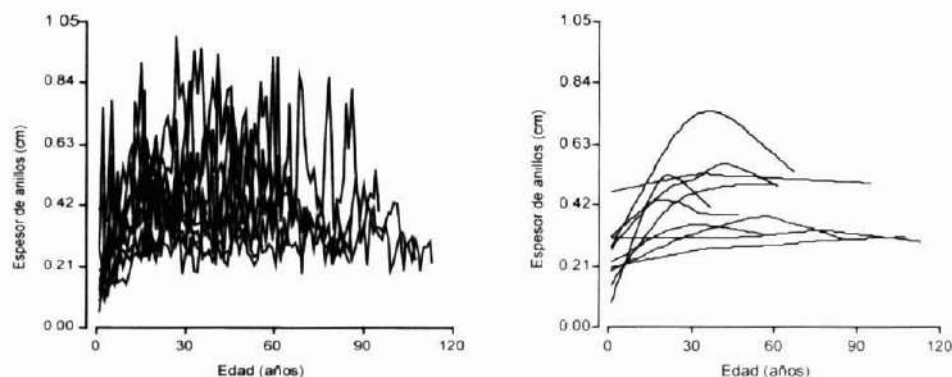
**Cuadro N° 1**  
**DIÁMETRO A LA ALTURA DEL PECHO, ALTURA Y EDAD DE LOS INDIVIDUOS DE ALGARROBO**  
**BLANCO ESTUDIADOS ORDENADOS POR LUGAR DE ORIGEN**

Árbol	DAP (cm)	Altura Total (m)	Edad (años)	Zona
1	57,29	7,86	107	Loreto
2	30,83	10,13	47	Loreto
3	53,65	9,80	61	Las Delicias
4	51,56	7,63	85	Las Delicias
5	31,64	8,31	55	Las Delicias
6	60,78	12,00	113	Las Delicias
7	45,11	8,78	37	Coronel Rico
8	44,40	9,62	61	Coronel Rico
9	45,77	12,89	67	Coronel Rico
10	87,03	14,04	95	Coronel Rico

De los árboles seleccionados se extrajeron tortas de 5 cm de espesor a la altura de 0,30 m (base). Las muestras fueron preparadas en la forma descrita por Giménez *et al.* en 1998; mediante el equipo computarizado ANIOL y el programa CATRAS (Aniol, 1991) se realizó la marcación y medición del espesor de anillos de crecimiento (Giménez, 1998; Moglia, 1999). Los diámetros para cada edad, fueron obtenidos mediante análisis epidométrico del fuste realizado sobre cada individuo (Ríos *et al.*, 1997). El programa de análisis epidométrico de fuste (Ríos *et al.*, 1996) fue usado para promediar el espesor de los anillos medidos en cuatro orientaciones (radios) y con ellos obtener una serie de espesores de anillos en cada edad para cada uno de los individuos estudiados.

Suponiendo que el crecimiento de un árbol, en un periodo de tiempo determinado, es el resultado de la influencia de distintos factores: edad del árbol, clima y disturbios (Villalba, 1988, Catalán, 2000), algunos autores (Perpiñal *et al.*, 1995; Juárez de Galíndez, 2001; Juárez de Galíndez *et al.*, 2003), al trabajar con especies nativas, usan la técnica de suavizado de las series individuales. El suavizado o filtrado de las series dendrocronológicas permite eliminar la variación debida al clima u otros disturbios que afectan cada árbol a una edad particular antes de la modelación del crecimiento biológico poblacional. Así la técnica de suavizado es interpretada como una herramienta para separar la señal de interés (señal debida a la edad del árbol) del ruido proveniente de otras fuentes de variación que afectan los anchos de los anillos de crecimiento de un árbol.

Para suavizar las series de anchos de anillo, fue empleado un filtro basado en medias móviles de tamaño de ventana igual a 7 años (Cleveland, 1979) implementado en el software estadístico InfoStat (InfoStat, 2008). Este filtro de baja frecuencia permitió rescatar la tendencia a largo plazo, la cual se supone refleja aquella debida a la edad del árbol o al crecimiento biológico. En la Figura N° 1 se muestra las series de anchos de anillos directamente como fueron observadas y luego del suavizado para cada uno de los árboles que participaron del modelado.



**Figura N° 1**  
**INCREMENTOS RADIALES OBSERVADOS (IZQUIERDA) Y SUAVIZADOS (DERECHA) DE 10**  
**ÁRBOLES DE ALGARROBO BLANCO EN EL CHACO SEMIÁRIDO ARGENTINO**

El número de mediciones de ancho de anillos para cada árbol varía pues depende de la edad que, como se muestra en el Cuadro N° 1, fue altamente variable. Por otra parte, las mediciones de anchos de anillos desde una muestra dendrocronológica constituyen medidas repetidas en el mismo individuo que se caracterizan por estar serialmente correlacionadas. Las correlaciones seriales pueden tratarse de manera explícita o implícitamente mediante la incorporación en el modelo de un término aleatorio distinto al término de error clásico que asocie las mediciones repetidas sobre un mismo individuo (Balzarini *et al*, 2004). Es decir se espera la presencia de un efecto de individuo o serie dendrocronológica que agrupe el conjunto de mediciones de una misma serie. Además de las correlaciones seriales esperadas por la longitudinalidad del fenómeno de crecimiento biológico sobre un individuo, se esperan correlaciones entre las mediciones de una misma serie generadas por el mismo proceso de suavizado o filtrado del pre-tratamiento de la serie. Para la estructura de media, debido a los antecedentes de modelado de crecimiento en *Prosopis*, se seleccionó un modelo logístico. La forma integrada (función de rendimiento) del modelo logístico que expresa el incremento radial esperado a una cierta edad es:

$$y_j = \frac{b_0}{1 + b_1 * e^{-\frac{x_j}{b_2}}}$$

Donde:

$y_j$  es el incremento radial del individuo  $i$ -ésimo en el tiempo  $j$

$b_0$  es la asíntota, es decir el valor de la función cuando  $x$  (edad del árbol) tiende a infinito

$b_1$  está relacionado con la ordenada al origen

$b_2$  es un parámetro tasa relacionado con el valor de  $x$  (edad del árbol en el tiempo  $j$ ).

Lindstrom y Bates (1990) modelan el crecimiento en circunferencia de árboles bajo el modelo logístico pero toman al intercepto como aleatorio ya que éste parecía ser realmente el único parámetro que variaba de un árbol a otro produciendo una familia de curvas logísticas con corrimiento en la ordenada al origen que reflejaban adecuadamente la variación interindividual. El incremento radial esperado en el modelo logístico mixto, con intercepto aleatorio, para el  $i$ -ésimo individuo, se puede expresar como:

$$y_{ij} = \frac{b_0 + u_i}{1 + b_1 * e^{-x_j / b_2}}$$

Generalmente se asume que tanto los errores ( $\epsilon_{ij}$ ) asociados a cada observación como las componentes aleatorias que reflejan el efecto individuo ( $u_i$ ) son independientes y se distribuyen como variables aleatorias normales de media cero y varianzas constantes ( $\sigma^2$  denota la varianza residual y  $\sigma_u^2$  la componente de varianza asociada a la variación entre los efectos  $u$ ).

La derivada de la función de rendimiento, también conocida como curva de crecimiento esperada para el individuo  $i$ -ésimo, en el contexto del modelo mixto, puede entonces expresarse como:

$$y_i' = \frac{b_0 + u_i}{(1 + b_1 * \exp(-x / b_2))^2} * \frac{b_1}{b_2} * \exp(-x / b_2)$$

La estimación de este modelo por métodos basados en la verosimilitud, demanda integrar la expresión del modelo a través de la distribución de los efectos aleatorios. Los algoritmos computacionales usados en la estimación incluyen no solo aspectos de optimización sino también de integración. Para ajustar este tipo de modelos No Lineales en SAS (versión 9.1) se usó Proc NLMIXED (Littell *et al.*, 1996) para el que es necesario especificar valores iniciales de los parámetros. Este procedimiento ajusta el modelo mixto no lineal maximizando una aproximación a la probabilidad integrada sobre los efectos aleatorios (Wolfinger, 1993). NLMIXED permite usar datos con distintas distribuciones para la variable respuesta y efectos aleatorios normales. El método de integración usado fue la adaptativa Gaussiana y la técnica de optimización conocida como Dual Quasi-Newton con un solo punto de cuadratura. Los puntos de cuadratura no están alrededor de cero sino que se seleccionan en una región apropiada del integrando (Machiavelli, 2007).

Como medidas de bondad de ajuste se usó: EAM (media de los errores absolutos), Errores estándares relativos de los estimadores (error estándar dividido por la estimación del parámetro) y gráfico de residuos estudentizados vs valores predichos. Los residuos estudentizados son

interpretados como los residuos comunes (diferencia entre el valor observado y el predicho) divididos por una función que no sólo incluye la variabilidad total sino también la influencia del dato en el ajuste, dependiente de la edad del árbol en la que se registra el crecimiento ya que las edades extremas (bajas o altas) pueden ser muy influyentes en el mismo. El modelo ajustado fue usado para determinar la edad de aprovechamiento recomendada según la intersección de la curva de incremento radial corriente anual con la curva de incremento radial medio anual que sugiere el ajuste (Perpiñal *et al.*, 1995).

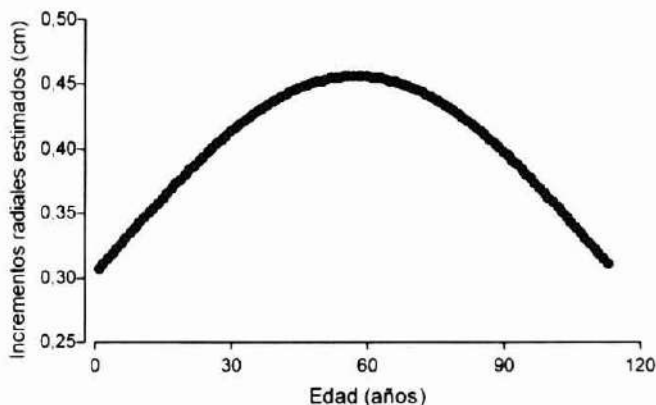
## RESULTADOS

Los parámetros del modelo marginal resultante son incluidos en el Cuadro N° 2. La tasa de crecimiento expresada como el cociente entre la edad del árbol y  $b_2$  es igual a 0,023. Los predictores de los efectos aleatorios que permiten describir variaciones entre árboles pueden ser observados en el Cuadro N° 3, junto a las predicciones del incremento corriente anual que se espera para cada individuo a los 55 años y a los 85 años. La desviación estándar de los efectos aleatorios, que puede ser interpretada como una medida de la covarianza entre los datos del mismo árbol, es de 18,9, la cual resultó ser estadísticamente significativa según el contraste sugerido por Molenbergh y Verbeke (2007) para este tipo de modelos. El desvío estándar de los términos de error fue solo 0,048.

**Cuadro N° 2**  
**PARÁMETROS DEL MODELO LOGÍSTICO MARGINAL. CURVA DE CRECIMIENTO**

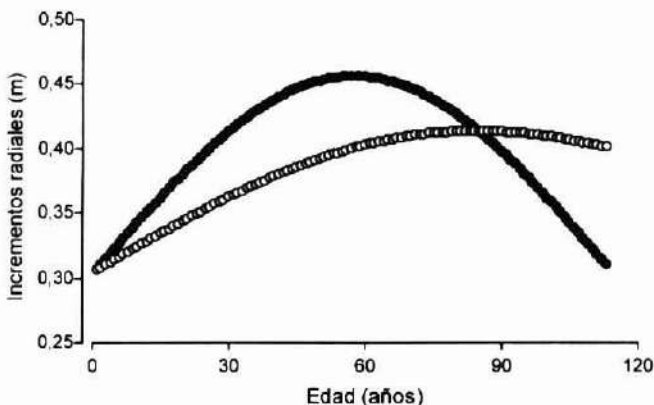
Parámetro	Estimación	Error estándar	Error estándar relativo (%) <sup>a</sup>
$b_0$	78,8533	6,3164	8
$b_1$	3,7831	0,1063	3
$b_2$	43,2454	1,1901	3

<sup>a</sup> Porcentaje del error estándar respecto a la estimación del parámetro



**Figura N° 2**  
**INCREMENTOS RADIALES ESTIMADOS EN FUNCIÓN DE LA EDAD DEL ÁRBOL**

Se observa en la Figura N° 2 que la disminución del crecimiento comienza poco antes de los 60 años.



**Figura N° 3**  
**PUNTO DE CULMINACIÓN DEL CRECIMIENTO BIOLÓGICO**

El punto de corte de las curvas de incremento corriente anual (o de crecimiento) y la curva de incremento medio anual se encuentra próximo a los 90 años (Figura N° 3). A los 85 años el crecimiento promedio, calculado sobre el acumulado, varió entre 0,28 cm y 0,61 cm, sugiriendo amplia variabilidad intraespecífica.

**Cuadro N° 3**  
**PREDICCIÓN DE EFECTO ALEATORIO PARA CADA ÁRBOL Y SU IMPACTO SOBRE**  
**PREDICIONES DE TASAS DE CRECIMIENTO PROMEDIO**

Efecto aleatorio	Predicción	Predicción a los 55 años	Predicción a los 85 años
$u_1$	5,9597	0,49	0,44
$u_2$	14,9927	0,54	0,49
$u_3$	-17,9082	0,35	0,32
$u_4$	-16,1182	0,36	0,33
$u_5$	1,7970	0,47	0,42
$u_6$	37,8321	0,67	0,61
$u_7$	17,5557	0,57	0,50
$u_8$	-17,8341	0,35	0,32
$u_9$	-25,8513	0,31	0,28
$u_{10}$	-0,4211	0,45	0,41

El EAM fue igual a 0,087. El gráfico de residuos estudentizados vs valores estimados, no mostró ningún patrón, sugiriendo un buen ajuste.

## DISCUSIÓN

La familia de ecuaciones no lineales de crecimiento asintótico es ampliamente utilizada en las ciencias forestales para modelar el crecimiento en especies arbóreas (Alder, 1980). Estas funciones pueden utilizarse en su forma integrada (función de rendimiento) y/o en su forma diferencial (función de crecimiento). En montes naturales, o donde se espera alta variabilidad entre individuos de la misma especie respecto a la tasa de crecimiento, resulta apropiado estimar los parámetros de estas ecuaciones en el contexto de los modelos mixtos que presuponen alta variabilidad en los crecimientos asintóticos entre individuos.

Para algarrobo blanco en el Chaco Semiárido argentino estos modelos sugieren resultados promedios similares a los previamente reportados. La tasa de crecimiento promedio es de 0,40 cm/año con una disminución de la misma alrededor de los 60 años de vida del árbol. Según prácticas forestales recomendadas (Perpiñal *et al.*, 2005) la edad de culminación biológica se da recién a los 90 años de edad. Juárez de Galindez *et al.* (2005) con este mismo modelo para la estructura de medias o valor esperado del crecimiento, pero considerando efectos fijos y errores independientes, encuentran que la disminución del crecimiento en algarrobo blanco se observa después de los 30 años. Los errores estándares relativos y el EAM del modelo logístico mixto fueron menores a los encontrados por los mismos autores para el modelo logístico de efectos fijos (Galindez *et al.*, 2005). Gimenez *et al.* (1998) para esta misma especie sugiere una tasa de crecimiento radial promedio de 0, 40 cm/año que es superior al encontrado por Gimenez *et al.* en el año 2000 para *Prosopis nigra* (0,33 cm). Navall y Senilliani (2004) encuentran que en plantaciones (con tratamientos de distinta densidad y raleos) de esta especie en la zona de riego del Río Dulce (Santiago del Estero, Argentina), el incremento anual



en promedio es igual a 2,1 cm, por lo que se puede inferir que en bosques nativos el crecimiento se ve fuertemente afectado por la competencia con malezas y otros árboles.

## CONCLUSIONES

La tasa de crecimiento promedio en Algarrobo blanco, es de 0,40 cm/año con una disminución de la misma alrededor de los 60 años de vida del árbol.

Para esta especie, la edad de culminación biológica se da recién a los 90 años de edad.

## REFERENCIAS

- Alder, D. , 1980.** Estimación del volumen forestal y predicción del rendimiento con referencia especial a los trópicos. *Estudio FAO: Montes*. Volumen 2. PP 56-61
- Aniol, R., 1991.** *Computer aided tree rings analysis system, User manual*. Schleswig, F.R.G. Alemania.
- Balzarini, M., Macchiavelli, R, Casanoves, F., 2004.** *Curso-Taller Aplicaciones de Modelos Mixtos en Agricultura y Forestería*. CATIE Costa Rica.
- Bolleta, P., 1988.** Capítulo 1 de Desmonte y habilitación de tierras en la región chaqueña semiárida. *Oficina regional de la FAO para América latina y El Caribe. Chile*.
- Catalán, L., 2000.** Crecimiento leñoso de *Prosopis flexuosa* en una sucesión post-agrícola en el Chaco Árido: efectos y relaciones de distintos factores de proximidad. Tesis doctoral. 230 p.
- Cleveland, W.S., 1979.** Robust locally weighted regression and smoothing scatterplots. *Journal of American Statistical Association*, 74:829-836.
- Graybill, F. A., 1976.** *Theory and Application of the Linear Model*. Wadsworth Publishing Company. 704 pp.
- Gimenez, A.M.; Moglia, J.G.; Hernández, P.; Bravo, S., 2000.** Leño y la corteza de *Prosopis nigra* (Griseb.) Hieron, Mimosaceae, en relación a algunas magnitudes dendrométricas. *Revista Forestal Venezolana*. 44(2). 29-37
- Giménez, A. M., 1998.** Influencia de la Edad sobre caracteres anatómicos y el crecimiento de *Schinopsis quebracho colorado* Engl., *Anacardiaceae*. Tesis Doctoral.
- Gimenez, Ana Maria; Rios, Norfol; Moglia, Graciela y López, Carlos, 1998.** Leño y corteza de *Prosopis alba* Griseb., algarrobo blanco, Mimosaceae, en relación con algunas magnitudes dendrométricas. *Revista Bosque* 19(2):53-62
- InfoStat, 2008.** *Infostat, versión 2008. Manual del usuario*. Grupo Infostat, FCA, Universidad nacional de Córdoba. Primera Edición, Editorial Brujas. Argentina. 334 pp.
- Juárez de Galindez, M.; Moglia, J.G.; Giménez A.M.; Pece, M. (2007)a.** "Comparación de dos modelos de crecimiento de efectos fijos y errores independientes en Quebracho blanco". *Revista Forestal*

Venezolana. 50-1. ISSN: 0556-6606.

**Juárez de Galíndez, M.; Giménez, A.M.; Ríos, N.; Balzarini, M. (2007)b.** "Modelación del crecimiento en diámetro de vinal (*Prosopis ruscifolia*), en Santiago del Estero, Argentina". *Revista Foresta Veracruzana* N°9. Volumen 2. ISSN 1405-7247.

**Juárez de Galíndez, M.; Giménez, A. M.; Ríos N.; Balzarini, M., 2005.** "Modelación de crecimiento en *Prosopis alba* Griseb. empleando dos modelos biológicos" *Revista Quebracho* N° 12. pag.34 . ISSN 0328-0543

**Juárez de Galíndez, M.; Giménez, A.M.; Pece, M. y Ríos, N., 2003.** "Comparación de la aplicación de dos modelos de efectos fijos y errores independientes en el crecimiento de *Schinopsis quebracho-colorado* Engl." *Revista Foresta Veracruzana* 5(1)15-22. ISSN 1405-7247.

**Juárez de Galíndez, M.; Balzarini, M., 2003.** "Modelación de la estructura de covarianza entre observaciones de un mismo individuo en modelos de curvas de crecimiento arbóreo". *Revista de la SAE* (on-line). V 17 N°1-2. ISSN 0329-5583

**Juárez de Galíndez, M., 2001.** Modelización estadística de curvas de crecimiento de árboles en bosques nativos: quebracho colorado, quebracho blanco y algarrobo blanco. Tesis para optar al grado académico de Magister en Estadística Aplicada. 131 pp.

**Lee, Jack C., 1982.** *Classification of growth curves. In handbook de Statistics*, Vol.2, 121-137. Krishnariah, P.R. and L.N.Kanab(Eds.) North Holland, Amsterdam.

**Littell, R.; Milliken G.; Stroup, W. y Wolfinger, R., 1996.** *SAS System for Mixed Models*. SAS Institute Inc., Cary, NC, USA. ISBN 1-55544-779-1. 633 pp.

**Lindstrom, M. y Bates, D., 1990.** Nonlinear mixed effects models for repeated measures data. *Biometrics* 46, 673-687.

**Machiavelli, R., 2007.** Minicurso: "Aplicaciones de modelos no lineales mixtos". San Martín de los Andes, Argentina.

**Moglia, J. G., 1999.** Variabilidad de los caracteres anatómicos del leño de *Aspidosperma quebracho blanco* (Schecht), *Apocinácea*. Tesis doctoral. 91 p.

**Molenberghs y Verbeke, 2007** Likelihood Ratio, Score and Wald Tests in a constrained Parameter Space. *The American Statistician*, February 2007, Vol.61, N°1.

**Naumann, M.; Madariaga, M. (2003).** *Atlas Argentino/Argentinienatlas*. Programa de acción nacional de lucha contra la desertificación. Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable. Instituto Nacional de tecnología Agropecuaria. Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit. 94 pp. ISBN: 987-20598-5-3. Buenos Aires.

**Navall, M. y Senilliani, M.G., 2004.** Crecimiento y calidad maderera de plantaciones de *Prosopis alba* Griseb (Algarrobo blanco) en el área de riego del Río Dulce, provincia de Santiago del Estero. *XIX Jornadas Forestales de Entre Ríos*. Argentina.

**Perpiñal, E.; M.Balzarini; L. Catalán; L. Pietrarelli y U. Karlin, 1995.** Edad de culminación del crecimiento en *Prosopis flexuosa* D.C. en el Chaco Árido Argentino. *Investigación Agraria. Sistemas y Recursos Forestales* . 4(1) :45-55.

**Ríos N.; A. M. Gimenez y J. G. Moglia de Lugones, 1997.** Crecimiento de especies leñosas de la Región Chaqueña Seca. AFOA, *Actas II Congreso Forestal Argentino y Latinoamericano*. ISSN: 0329-1103. Bosques Nativos y Protección Ambiental. 10 p.

**Ríos, N., Giménez, A. M. y Torales, A., 1996.** Análisis Epidométrico de fuste. *II Jornadas Técnicas del Chaco. Formosa*. 18 p.

**Villalba, R., 1988.** Dendrocronología: su aplicación al manejo dasonómico de los algarrobales.

**Wolfinger, R., 1993.** Fitting Nonlinear Mixed Models with the New NLMIXED procedure. Paper 287. *SAS Institute Inc., Cary, NC*.





---

# BIOLOGICAL INFORMATION AS THE BASIS FOR STRATEGIES TO MANAGE ALIEN FOREST PEST SPECIES

Andrew Liebhold and Patrick Tobin<sup>1</sup>

## SUMMARY

Invasions by destructive alien forest pest species are occurring at an increasing rate. Alien species exhibit a variety of impacts on forest ecosystem processes and some severely limit the sustained management of forests for specific values. In this paper it is discussed the state of knowledge on the population biology operating during the arrival, establishment and spread phases of biological invasion and also how this information can be used to optimize strategies for managing forest pests. In particular, how information on invasion pathways can be used to formulate exclusion strategies. Further it is discussed the role of Allee effects during the establishment and early growth of invading populations and how knowledge of these population processes can be used to optimize the detection and eradication of such populations. Finally is discussed the current state of knowledge on the population biology of range expansion and how this information can be used in programs to contain alien species populations. This review highlights the use of mathematical population biology concepts in predicting invasions and formulating management strategies.

Key words: Forest pests, population biology, mathematic models

---

<sup>1</sup> USDA Forest Service, Northern Research Station, USA. [aliebhold@fs.fed.us](mailto:aliebhold@fs.fed.us), [ptobin@fs.fed.us](mailto:ptobin@fs.fed.us).

## INFORMACIÓN BIOLÓGICA COMO BASE PARA ESTRATEGIAS DE MANEJO DE PLAGAS FORESTALES EXÓTICAS

### RESUMEN

Las invasiones por destructivas plagas forestales exóticas están ocurriendo a una tasa creciente. Las especies invasoras provocan diversos impactos sobre los procesos de los ecosistemas forestales y algunas restringen severamente el manejo sustentable del bosque para productos específicos. En el documento se discute el estado del conocimiento sobre como actúa la biología poblacional durante las fases del ingreso, establecimiento y expansión de la invasión biológica y se discute como usar esta información para optimizar estrategias de manejo de plagas forestales. Particularmente se analiza como la información relacionada con las vías de invasión puede usarse para formular estrategias de exclusión. Adicionalmente se discute el rol del "efecto Allee"<sup>2</sup> durante el establecimiento y crecimiento inicial de la población invasora y como el conocimiento de esta población puede usarse para optimizar su detección y erradicación. Finalmente se discute el estado actual del conocimiento sobre la biología de la expansión de la población y como esta información se puede usar en programas para frenar a las poblaciones de especies invasoras. El enfoque destaca el uso de conceptos matemáticos de biología de poblaciones en la predicción de ataques y formulación de estrategias de manejo.

Palabras clave: Plagas forestales, biología de poblaciones, modelos matemáticos

---

<sup>2</sup> Efecto atribuido al biólogo estadounidense Warder Allee, que en ecología de poblaciones relaciona la densidad de la misma con su tendencia a la extinción. (Nota del Editor)

## INTRODUCTION

In virtually every portion of the world, invasions by destructive alien forest pest species are occurring at an alarmingly increasing rate (Brockhoff *et al.*, 2006; McCullough *et al.*, 2006). Many of these species have immense impacts on forest ecosystem processes and threaten the sustained management of forests (Liebhold *et al.*, 1995; Vitousek *et al.*, 1996).

Three phases are generally recognized in all biological invasions: arrival, establishment and spread (Shigesada and Kawasaki, 1997; Sakai *et al.*, 2001; National Research Council, 2002) (Table N° 1). Arrival is the process by which an alien species is transported to a novel habitat that is outside of its native range. Establishment refers to the growth of a newly arrived population to a level such that extinction is no longer likely. Spread is the expansion of the newly established population across the range of its nonnative habitat. There are several different types of approaches to managing biological invasions, and each approach corresponds to different stages of the invasion process (Table N° 1). First is discussed the basic biology operating during each invasion phase and then is described how this information can be used to guide management activities.

**Table N° 1**  
**THE THREE PRINCIPAL INVASION PHASES**

Phase	Description	Management Activities
Arrival	Founding members of the population are transported to the new area.	Quarantine, inspection
Establishment	Founding population grows sufficiently such that extinction is no longer possible.	Detection, eradication
Spread	The species range expands into all habitable portions of the new geographical area.	Barrier zones

## ARRIVAL

This phase coincides with the transport of individuals from their original range to a completely new region. In many cases this consists of the transport of a species to a new continent. It is the existence of many new transport mechanisms, known as "invasion pathways," that has led to problematic increases in numbers of biological invasions over the last 100 years. As such, considerable insight into the causes of invasions can be gained by studying these pathways (Everett, 2000).

An important invasion pathway that has been identified for forest insects is the inter-continental movement of solid wood packing material, which has been implicated in the introduction of several wood-boring insects (Brockhoff *et al.*, 2006; Haack, 2006). Many other invasion pathways, such as the introduction of infected nursery stock, have been implicated as pathways in the accidental introduction of other exotic forest insect and diseases. Not all invasion pathways involve accidental movement or hitchhiking. Vast numbers of parasitoids and predators have been introduced from other continents as part of classical biological control efforts. Noteworthy examples of pest species that were introduced by individuals who carelessly let them escape include the Africanized bee (Winston, 1992) and the gypsy moth (Liebhold *et*

*al.*, 1989).

Clearly the most efficient approach to managing the problem is excluding species before they arrive and become established. Once an important invasion pathway has been characterized, this information is of critical importance in formulating international quarantines and inspection programs aimed at excluding certain pest species. Unfortunately there are various economic and political issues that often hamper the implementation of such measures and therefore, government agencies are often not able to keep up with the ever increasing numbers of invasion pathways (Campbell, 2001).

## ESTABLISHMENT

Every seed that falls to the ground does not eventually become a tree. Similarly, many invaders may arrive in a new habitat, but few become established and cause inimical economical and environmental effects (Mack *et al.*, 2000). Founder populations typically are small and consequently are at great risk of extinction. Generally, the smaller the founder population, the less likely is establishment (MacArthur and Wilson, 1967; Mollison, 1986). Much of what we know about the population biology of low-density invading populations is extracted from a rich literature on the population ecology of rare species (i.e., conservation biology). All populations are affected by random abiotic influences (e.g., weather), but low-density populations are particularly influenced by both environmental and demographic stochasticity. The important result, particularly when subject to demographic effects, is that low-density populations (e.g., newly founded invading populations) are especially prone to extinction purely as a result of this random variation. However, there is another factor contributing to extinction of low-density populations that must also be considered: Allee dynamics.

Warder Allee (1932) studied animal population ecology, and is generally recognized as the first worker to recognize a phenomenon that exists in low-density populations of most species: certain processes may lead to decreasing net population growth with decreasing density. As a result of this relationship, there sometimes exists a threshold below which low-density populations are driven toward extinction (Figure N° 1). This phenomenon, termed the "*Allee Effect*", may result from a multitude of biological mechanisms, e.g., absence of cooperative feeding, failure to satiate predators, and failure to find mates at low densities (Courchamp *et al.*, 1999). The Allee effect has been identified as critical to understanding patterns of extinction from the perspective of conservation biology (Stephens and Sutherland, 1999), and there is growing recognition of its important role during the establishment phase of biological invasions (Drake, 2004; Leung *et al.*, 2004; Taylor and Hastings, 2005). The magnitude of Allee effects vary tremendously among species due to variation in life history traits, however virtually every sexually reproducing species can be expected to exhibit an Allee effect at low densities. As such, Allee dynamics may be of critical importance to understanding why some species establish more easily than others.



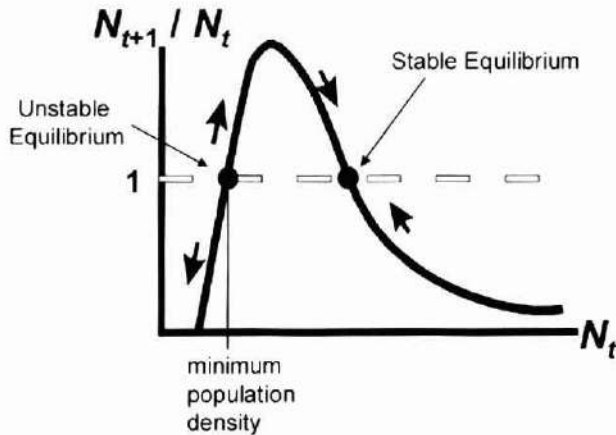


Figure N° 1

**SCHEMATIC REPRESENTATION OF THE "ALLEE EFFECT". CHANGE IN POPULATION DENSITY,  $N_{t+1} / N_t$  IS PLOTTED AS A FUNCTION OF DENSITY AT THE BEGINNING OF THE GENERATION,  $N_t$ . THIS RELATIONSHIP DETERMINES CHANGE IN POPULATION DENSITY  $f(N_t)$  SHOWN IN EQUATION (1). NOTE THAT WHEN DENSITY IS GREATER THAN THE MINIMUM POPULATION DENSITY, IT WILL INCREASE OR DECREASE TOWARD THE STABLE EQUILIBRIUM, BUT WHEN IT IS BELOW THIS THRESHOLD, DENSITY WILL DECREASE TOWARD EXTINCTION.**

Understanding the establishment process has important implications for management. The activity called "eradication" is aimed at reversing the process of establishment; in other words, eradication is forced extinction (Myers *et al.*, 2000). It follows from the previous description that eradication is likely to succeed only in situations in which the target population is both low in density and highly restricted in its spatial distribution. Liebhold and Bascompte (2003) used an Allee effect model to illustrate the numerical relationships between initial numbers of individuals, the strength of an eradication treatment (% killed), and the probability of population persistence to document the existence of a positive relationship between the initial size of the founder population and the probability of establishment.

## SPREAD

Once a population is established, its density typically will increase and individuals will disperse into adjoining areas of suitable habitat. Three phases to the range expansion process are generally recognized (Shigesada and Kawasaki, 1997) (Figure N° 2). Following establishment of the alien population, there is an initial period during which spread accelerates. In the early stages of this phase, populations may remain at extremely low densities and therefore remain undetected for several years (Kean and Barlow, 2000). The bulk of range expansion occurs during the expansion phase. During this phase, the radial rate of spread often increases linearly but in other cases it may accelerate in a nonlinear fashion (Andow *et al.*, 1990). Finally, as the expanding range begins to saturate the geographic extent of suitable habitat, spread declines

and ultimately stops.

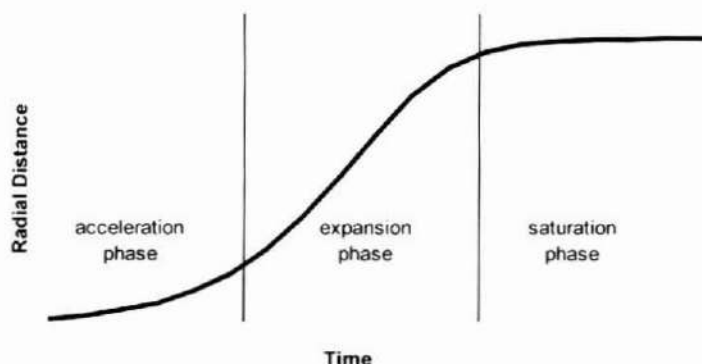
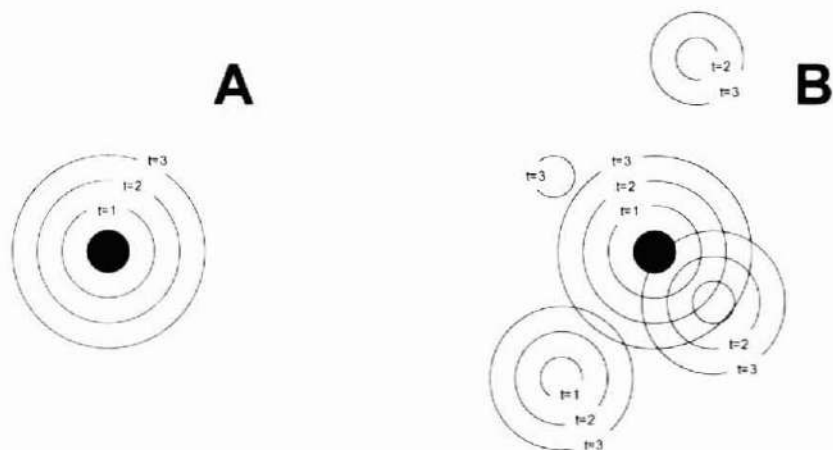


Figure N° 2

**GENERALIZED RANGE EXPANSION OF INVADING SPECIES. RADIAL DISTANCE REFERS TO THE DISTANCE FROM THE SITE OF INTRODUCTION TO THE EXPANDING POPULATION FRONT.**

The spread of a population is driven by two processes: population growth and dispersal. As a result, most models of population spread have focused on these processes. The simplest and probably the most widely applied model of population spread was developed by Skellam (1951). This model combined random (Gaussian) dispersal with exponential (Malthusian) population growth to model expansion following an initial introduction of individuals. Skellam (1951) used this model to show that the radial rate of expansion of the infested population front (radial rate of spread) should be constant and directly proportional to the square root of the product of the "diffusion coefficient" (a measure of the amount of movement) and the intrinsic rate of increase (this is a measure of population growth under ideal conditions). The assumption of random movement in this model implies that the population will spread radially, at an equal rate in all directions (Figure N° 3a).

Skellam's model makes several simplifying assumptions, such as that movement is random and organisms spread through a homogenous environment. Nevertheless there has generally been some (but not total) congruence between predictions of this model and observed rates of spread of exotic organisms (Andow *et al.*, 1990; Shigesada and Kawasaki, 1997).



**BLACK DOT REPRESENTS THE INITIAL RANGE AT TIME 0**  
**A SHOWS SPREAD ACCORDING SKELLAM'S (1951) DIFFUSION MODEL**  
**B ILLUSTRATES SPREAD PREDICTED USING A STRATIFIED DISPERSAL MODEL**

**Figure N° 3**

**SCHEMATIC REPRESENTATION OF RANGE SPREAD BETWEEN SUCCESSIVE GENERATIONS.**

Skellam's model assumes a single, continuous form of dispersal and it predicts that range expansion should be a smooth, continuous process (Figure N° 3a). However some species may be able to disperse in at least two ways. The existence of two forms of dispersal is referred to as "stratified dispersal" (Hengeveld, 1989); in those situations, range expansion will proceed through the formation of multiple discrete, isolate colonies established ahead of the infested front (Shigesada *et al.*, 1995; Shigesada and Kawasaki, 1997). These colonies in turn will expand their range and ultimately coalesce. The result of this phenomenon is that range expansion may occur much faster than would occur under a diffusion model.

Numerous animal and plant species spread according to a coalescing colony model (Shigesada and Kawasaki, 1997). An interesting aspect of this type of spread is that establishment is an important component. Isolated colonies are formed ahead of the expanding population front due to dispersal of propagules (Figure N° 3b), but the ability of these propagules to successfully found new populations that spread and coalesce is entirely dependent upon their ability to establish successfully. Therefore, all of the population processes that are important to establishment, namely stochasticity and Allee dynamics, may be of critical importance to the spread process. For example, the existence of a strong Allee effect will reduce probabilities of establishment, which, in turn, may reduce rates of spread (Lewis and Kareiva, 1993). Veit and Lewis (1996), in studying the historical spread of the house finch in North America, found that mating success in isolated, low-density populations is low, and that this results in a strong Allee effect. Veit and Lewis (1996) modeled this effect and showed that Allee dynamics was of critical importance in explaining observed rates of spread.

For practical reasons it may not be economically viable to contain the spread of a species after it is established. Sharov and Liebhold (1998a) proposed a mathematical approach for balancing costs and benefits in evaluation of the practicality of eradication and containment activities. In some cases it may be beneficial to slow the spread of an invading species, without necessarily stopping its spread or totally eradicating it. In programs which attempt to slow the spread of an invading species that spreads via a stratified diffusion process, the optimal approach may be to locate and eradicate isolated colonies before they enlarge (Sharov and Liebhold, 1998b; Taylor and Hastings, 2004, Tobin *et al.*, 2004; Grevstad, 2005).

## CONCLUSION

The problem of alien forest pests is increasing in magnitude and given current trends of increasing world trade and travel, it can be expected the problem to continue to intensify. While there have been important advances in the understanding of the biology of invasions, there are many processes that are not fully understood. In particular, it is known relatively little about biotic interactions operating during the very early phases of establishment, in part due to the difficulty of sampling very sparse populations. Given the importance of the alien species problem, authors anticipate that research on the biology of invasions to increase resulting in an improvement of our understanding of these processes. Hopefully, the increase in knowledge will lead to new and more effective approaches to limiting this unwanted consequence of globalization.

## REFERENCES

- Allee, W.C. 1932.** Animal aggregations: a study in general sociology. University of Chicago Press, USA.
- Andow, D.A.; Kareiva, P.M.; Levin, S.A and Okubo, A. 1990.** Spread of invading organisms. *Landscape Ecology* 4: 177-188.
- Brockerhoff, E.G.; Bain, J.; Kimberley, M. and Knicek, M. 2006.** Interception frequency of exotic bark and ambrosia beetles (*Coleoptera: Scolytinae*) and relationship with establishment in New Zealand and worldwide. *Canadian Journal of Forest Research* 36: 289-298.
- Campbell, F.T. 2001.** The Science of Risk Assessment for Phytosanitary Regulation and the Impact of Changing Trade Regulations. *BioScience* 51: 148-153.
- Courchamp, F.; Clutton-Brock, T. and Grenfell, B. 1999.** Inverse density dependence and the Allee effect. *Trends in Ecology & Evolution* 14: 405-410.
- Drake, J.M. 2004.** Allee effects and the risk of biological invasion. *Risk Analysis* 24: 795-802.
- Everett, R.A. 2000.** Patterns and pathways of biological invasions. *Trends in Ecology & Evolution* 15: 177-178.
- Grevstad, F.S. 2005.** Simulating control strategies for a spatially structured weed invasion: *Spartina alterniflora* (Loisel) in Pacific Coast Estuaries. *Biological Invasions* 7: 665-677.
- Haack, R.A. 2006.** Exotic bark- and wood-boring Coleoptera in the United States: recent establishments and interceptions. *Canadian Journal of Forest Research* 36: 269-288.

- Hengeveld, R. 1989.** Dynamics of Biological Invasions. Chapman and Hall, London.
- Kean, J.M. and Barlow, N.D. 2000.** Effects of dispersal on local population increase. *Ecology Letters* 3: 479-482.
- Leung, B.; Drake, J.A. and Lodge, D.M. 2004.** Predicting invasions: propagule pressure and the gravity of Allee effects. *Ecology* 85: 1651-1660.
- Lewis, M.A. and Kareiva, P. 1993.** Allee dynamics and the spread of invading organisms. *Theoretical Population Biology* 43: 141-158.
- Liebhold, A.; Mastro, V. and Schaefer, P.W. 1989.** Learning from the legacy of Leopold Trouvelot. *Bull. Entomol. Soc. Am.* 35: 20-22.
- Liebhold, A.M. and Bascompte, J. 2003.** The Allee effect, stochastic dynamics and the eradication of alien species. *Ecology Letters* 6: 133-140.
- Liebhold, A.M.; MacDonald, W.L.; Bergdahl, D. and Mastro, V. 1995.** Invasion by exotic forest pests: a threat to forest ecosystems. *Forest Science. Monographs* 30: 1-49.
- MacArthur, R.H. and Wilson, E.O. 1967.** The theory of island Biogeography. Princeton University Press, Princeton.
- Mack, R.N.; Simberloff, D.S.; Lonsdale, W.M.; Evans, H.F.; Clout, M. and Bazzaz, F.A. 2000.** Biotic Invasions: Causes, epidemiology, global consequences and control. *Ecological Applications* 10: 689-710.
- McCullough, D.G.; Work, T.T.; Cavey, J.F.; Liebhold, A.M. and Marshall, D. 2006.** Interceptions of nonindigenous plant pests at U.S. ports of entry and border crossings over a 17 year period. *Biological Invasions* 8: 611-620.
- Mollison, D. 1986.** Modeling biological invasions: chance, explanation, prediction. *Phil. Trans. R. Soc. Lond. Biol. Sci.* 314: 675-693.
- Myers, J.H.; Simberloff, D.S.; Kuris, A.M. and Carey, J.R. 2000.** Eradication revisited: dealing with exotic species. *Trends in Ecology & Evolution* 15: 316-320.
- National Research Council. 2002.** Predicting Invasions of Nonindigenous Plants and Plant Pests. In: National Academy Press, Washington, D.C. 194 p.
- Sakai, A.K.; Allendorf, F.W.; Holt, J.S.; Lodge, D.M.; Molofsky, J.; With, K.A.; Baughman, S.; Cabin, R.J.; Cohen, J.E.; Ellstrand, N.C.; McCauley, D.E.; O'Neil, P.; Parker, I.M.; Thompson, J.N. and Weller, S.G. 2001.** The Population Biology of Invasive Species. *Annual Review of Ecology and Systematics* 32: 305-332.
- Sharov, A.A. and Liebhold, A.M. 1998a.** Bioeconomics of managing the spread of exotic pest species with barrier zones. *Ecol. Appl.* 8: 833-845.
- Sharov, A.A. and Liebhold, A.M. 1998b.** Model of slowing the spread of gypsy moth (*Lepidoptera: Lymantriidae*) with a barrier zone. *Ecological Applications* 8: 1170-1179.

- Shigesada, N. and Kawasaki, K. 1997.** Biological Invasions: Theory and Practice. Oxford University Press, New York, NY
- Shigesada, N.; Kawasaki, K. and Takeda, Y. 1995.** Modeling stratified diffusion in biological invasions. *American Naturalist* 146: 229-251.
- Skellam, J.G. 1951.** Random dispersal in theoretical populations. *Biometrika* 38: 196-218.
- Stephens, P.A. and Sutherland, W.J. 1999.** Consequences of the Allee effect for behaviour, ecology and conservation. *Trends in Ecology & Evolution* 14: 401-405.
- Taylor, C.M. and Hastings, A. 2004.** Finding optimal control strategies for invasive species: a density-structured model for *Spartina alterniflora*. *Journal of Applied Ecology* 41: 1049-1057.
- Taylor, C.M. and Hastings, A. 2005.** Allee effects in biological invasions. *Ecology Letters* 8: 895-908.
- Tobin, P.C.; Sharov, A.A.; Liebhold, A.M.; Leonard, D.S.; Roberts, E.A. and Learn, M.R. 2004.** Management of the gypsy moth through a decision algorithm under the STS Project. *American Entomologist* 50: 200-209.
- Veit, R.R. and Lewis, M.A. 1996.** Dispersal, population growth, and the Allee effect: dynamics of the house finch invasion of eastern North America. *American Naturalist* 148: 255-274.
- Vitousek, P.M.; D'Antonio, C.M.; Loope, L.L. and Westbrooks, R. 1996.** Biological invasions as global environmental change. *American Scientist* 84: 468-478.
- Winston, M.L. 1992.** The Biology and Management of Africanized Honey Bees. *Annual Review of Entomology* 37: 173-193.

---

# MODELACIÓN DE LA DINÁMICA PLAGA-PARASITOIDE-BOSQUE MEDIANTE AUTÓMATAS CELULARES.

Valentin Barros<sup>1</sup>, Horacio Gilabert<sup>2</sup>

## RESUMEN

Se presenta un modelo que simula la dinámica de una población plaga genérica basada en un sistema de autómatas celulares que permite predecir la densidad de la plaga en el tiempo y espacio. Se asumió que el crecimiento de la plaga se encuentra limitado a la disponibilidad de recurso alimenticio disponible en el bosque y a la presencia de parasitoides, que fue cuantificado mediante el modelo dinámico hospedero-parasitoide de Beddington *et al.* (1978), el cual es modificado incorporándole la espacialidad y dispersión de ambas poblaciones. La aplicación del modelo propuesto se realizó a un caso teórico, simulándose dos escenarios; en el primero de ellos la plaga crece y se dispersa en ausencia de parasitoides, mientras que en el segundo escenario se libera individuos de parasitoides cuando la densidad de la plaga alcanza una densidad umbral. Si bien al finalizar la simulación no se llegó a un equilibrio para ambas poblaciones, los resultados demostraron que la liberación de parasitoides reduce la densidad y tasa de dispersión de la plaga, invadiendo una menor área en comparación con el primer escenario.

Palabras claves: Control biológico, parasoide, dispersión.

## SUMMARY

This work presents a model that simulates the population dynamics of a generic pest by using a cellular automaton that allows the prediction of pest density on time and space. A basic assumption is made regarding the dependence and limitation of pest growth on food availability in the forest and the presence of parasitoids quantified through a dynamic host-parasitoid model proposed by Beddington *et al.* (1978) that is modified incorporating spatial dispersion on both populations. The model is applied into a theoretical case by simulating 2 scenarios. In the first instance the pest grows and disperses without interaction with parasitoids while in the second once a threshold pest population level is achieved, parasitoids are "released". Even though at the end of the simulation equilibrium has not been achieved, results show that releasing parasitoids decreases pest density and dispersion rate, invading a smaller area as compared with the non-release scenario.

Key words: Biological control, parasitoid, dispersal.

---

<sup>1</sup> Ingeniero Forestal de la Pontificia Universidad Católica de Chile. E-mail: vbarros@uc.cl

<sup>2</sup> Departamento de Ciencias Forestales. Pontificia Universidad Católica de Chile. E-mail: hgilab@uc.cl

## INTRODUCCIÓN

En Chile las amenazas de plagas forestales son altamente probables debido a la estructura de monocultivo de las plantaciones presentes en el país y al incremento del comercio internacional que favorece la introducción de plagas y enfermedades forestales, poniendo en riesgo el valor económico, social y ambiental de los bosques (Baldini *et al.*, 2005).

Esta realidad ha llevado a diferentes instituciones del Estado y privadas a proteger el recurso forestal contra el ingreso de plagas y mitigar el daño causado por su presencia a través del manejo integrado de plaga, aplicando sincrónicamente una serie de actividades basado en el manejo del bosque y en el control biológico (Baldini *et al.*, 2005). Mills y Getz (1996) señalan que el control biológico consiste en la introducción y establecimiento de uno o varios enemigos naturales de la región de origen de la plaga con el objetivo de suprimir la abundancia de la población plaga en una región determinada a un nivel en el cual no cause más daño económico.

Los parasitoides son una clase de insectos que viven parasitando durante su etapa larval sobre un individuo de la población anfitrión (plaga) causándole la muerte y son los organismos que con más frecuencia son utilizados en el control biológico debido a dos características principales. En primer lugar, reducen la densidad regional de la población anfitrión a un nivel inferior a la abundancia inicial después del establecimiento de individuos de parasitoides y en segundo lugar, una vez reducida la densidad de la población anfitriona, su densidad regional es mantenida en densidades bajas a menos que la interacción sea interrumpida (Mills y Getz, 1996).

Los objetivos de las medidas de control pueden ser muy variados, sin embargo, cualquiera que sea el objetivo de la medida de control, se requiere la predicción del cambio demográfico de la plaga en el tiempo y espacio (Zhou y Liebhold, 1995; Sharov, 1996).

La temporalidad y espacialidad en la dinámica de plagas toma mayor relevancia al considerar las etapas involucradas en la invasión y propagación de plagas (O'Neill *et al.*, 1992); (i) introducción inicial, (ii) establecimiento en el nuevo hábitat y (iii) propagación en el nuevo ambiente colonizado. Estas etapas se logran a través del crecimiento y dispersión de la plaga, pudiendo alcanzar rodales no infectados en los periodos siguientes de su introducción inicial.

En los últimos años la modelación y simulación han sido aplicadas como una herramienta útil en la predicción de dinámica de poblaciones, permitiendo predecir los cambios en la densidad y dispersión de plagas, destacándose los modelos basados en autómatas celulares por su simplicidad matemática al no utilizar ecuaciones diferenciales para simular fenómenos biológicos complejos (Molofsky y Bever, 2004).

La dispersión de plagas en el espacio y tiempo ha sido modelada por diferentes autores, como Zhou y Liebhold (1995) quienes utilizan autómatas celulares para proyectar áreas afectadas por *Lymantria dispar*, considerando el estado de defoliación del área por la cual se dispersa la plaga, pero no consideran la presencia de controladores biológicos. A su vez, Mills y Getz (1996) revisan y discuten diferentes modelos dinámico plaga-parasitoide, pero no



consideran la intrarelación entre la plaga y el bosque.

Este trabajo tiene por objetivo desarrollar un modelo de simulación espacial y temporal basado en autómatas celulares que permita predecir el crecimiento y dispersión de una población plaga genérica que se dispersa sobre un área forestal susceptible a ser invadida, considerando la dinámica poblacional de la plaga, sus interacciones con el bosque y una población de controladores biológicos conformada por individuos de parasitoides que limitan el crecimiento y dispersión de la población plaga. La implementación del modelo propuesto es un caso teórico y la interpretación de los resultados de dos escenarios simulados son comparados y discutidos.

## MATERIAL Y MÉTODOS

### Autómatas Celulares

Los autómatas celulares (ACs) son sistemas dinámicos donde el tiempo y el espacio son discretos y están compuestos por un conjunto de celdas elementales homogéneas ordenadas en una grilla regular espacial de  $n$ -dimensiones. Cada celda representa un lugar espacial susceptible de encontrarse en cualquiera de los estados finitos que componen el sistema. Este estado puede ser cambiado o alterado de un periodo al siguiente a través de ciertas reglas de evolución de estado, mediante un conjunto de reglas locales que involucran el estado de la celda y de sus celdas cercanas (vecindad), suponiendo que el tiempo se incrementa en forma discreta (Weimar, 1997). La actualización de estos estados se hace en paralelo siguiendo una regla local que considera sólo la vecindad de cada celda.

Los ACs son considerados como una herramienta útil para modelar sistemas complejos y extensos que han cobrado importancia en los sistemas dinámicos discretos debido a su simplicidad matemática y a la tecnología computacional alcanzada en la actualidad. La idea central que gobierna la modelación mediante ACs es de reglas simples, pero capaces de modelar un comportamiento global complejo como consecuencia de las interacciones entre ellas (Weimar, 1997; Ilachinski, 2001).

Los ACs pueden definirse a través de cinco elementos básicos: celda, estado, tiempo, vecindad y reglas de transición (Karafyllidis y Thanailakis, 1997; Weimar, 1997). La celda es el elemento básico de los ACs, simboliza un lugar del espacio a modelar y guarda un estado. El estado es un número o una propiedad de la celda, que puede representar la densidad de una población en esa celda o el tipo de cobertura vegetal que posee. El estado de las celdas cambia de un instante a otro de acuerdo a un conjunto de reglas de transición comunes a todas las celdas.

El tiempo es discreto y sirve como índice en la configuración sucesiva de las simulaciones. Es también homogéneo y por lo tanto esas evoluciones toman lugar de la misma forma, independiente del lugar donde ocurran.

La vecindad puede ser definida de diferentes formas, pero siempre cada celda del autómata celular se relaciona con las inmediatamente adyacentes. Una de las vecindades más

comunes en una grilla de 2-dimensiones es la de Moore de radio uno, que considera las celdas adyacentes y diagonales, es decir las ocho celdas circundantes.

Las reglas de transición son funciones locales ya que ellas definen el estado de la celda en el tiempo  $t + 1$  basada solamente en su propio estado y vecindad en el instante  $t$ . También son funciones uniformes ya que las reglas son las mismas en cualquier lugar.

## Área a Modelar

El patrimonio forestal afectado y susceptible a ser invadido por la plaga es dividido en una matriz de celdas cuadradas, donde cada celda representa a una celda de un sistema de AC bidimensional con vecindad de Moore de radio uno que cuantifica y determina a las poblaciones de plaga y parasitoides por la combinación de los procesos de crecimiento y dispersión de ambas poblaciones. El AC esta compuesto por tres mallas sobrepuestas. La primera malla contiene las características del bosque, que es representado mediante la capacidad de carga, mientras que la segunda y tercera malla contiene las densidades de la plaga y parasitoides respectivamente. De esta manera, la capacidad de carga y las densidades de plaga y parasitoides en un lugar del patrimonio forestal están dadas por los estados de las celdas correspondientes a ese lugar.

La secuencia de eventos en cada celda y período es como sigue: La población plaga  $N_i$  en la celda  $i$  en el período  $t$  se reproduce, pero debido a la existencia de parasitoides, individuos de la población plaga son parasitados y mueren, proceso que es cuantificado mediante el modelo discreto de hospedero-parasitoide Beddington *et al.* (1978) (citado por Mills y Getz, 1996; Brassil y Abrams, 2004). Los individuos sobrevivientes compiten por los recursos de la celda, motivando a una proporción de la población plaga a dispersarse a las celdas vecinas, mientras que desde celdas vecinas llegan nuevos individuos. Los individuos de la población de parasitoides una vez que han parasitado, compiten entre sí permitiendo la dispersión hacia las celdas vecinas, mientras que otros individuos de parasitoides inmigran a la celda.

## Crecimiento de las Poblaciones de Plaga y Parasitoides

Se asume en las condiciones iniciales de la simulación ( $t_0$ ) la existencia de individuos de plaga en algunas celdas y que la densidad de parasitoides es cero en todas las celdas, pudiendo ser liberado individuos de parasitoides desde el período siguiente ( $t_1$ ) hasta el final del horizonte de simulación  $T$ .

El crecimiento de ambas poblaciones es determinado usando el modelo discreto de dinámica hospedero-parasitoide de Beddington *et al.* (1978) (citado por Mills y Getz, 1996; Brassil y Abrams, 2004), el cual es modificado incorporándole la ubicación espacial de las poblaciones y la liberación de parasitoides mediante las siguientes ecuaciones:

$$N_{i(t+1)} = N_i \cdot \exp\left\{r \left(1 - N_i / K_i\right)\right\} \cdot \exp(-a \cdot P) \quad [1]$$

$$P_{i(t+1)} = N_i \cdot (1 - \exp(-a \cdot P_i)) + X_{i(t-1)} \quad [2]$$

Donde:

$N_i$  y  $P_i$  son las densidades de plaga y parasitoides en la celda  $i$  del AC en el período  $t$  respectivamente

$r$  es la tasa de incremento de la población plaga

$K_i$  es la capacidad de carga de la celda  $i$  en el período  $t$  para la población de plaga

$a$  es el área de descubrimiento ó la proporción de ambiente de la plaga que puede ser cubierta por individuo de parasitoides

$X_{i,t+1}$  es la cantidad de parasitoides liberado en la celda  $i$  en el período  $t + 1$ .

El crecimiento de la población plaga se encuentra limitado a la disponibilidad de follaje existente en el período  $t$  de cada celda, el cual se puede incorporar en la capacidad de carga (Ludwig *et al.*, 1978). Así, aquellas celdas en las que exista una mayor disponibilidad de follaje podrán hospedar una mayor cantidad de individuos de plaga, permitiendo que la plaga se desarrolle primero en las celdas con soporte alimenticio para posteriormente dispersarse a otras celdas que tengan un follaje aún no consumido.

La capacidad de carga queda definido a partir del área foliar de cada celda. Para esto se asume que cada individuo de la población plaga necesita un área de follaje para su sobrevivencia durante un período. La capacidad de sitio para la celda  $i$  para el período  $t$  queda definido por:

$$K_i = \frac{f_{it} \cdot AF_i}{D} \quad [3]$$

Donde:

$AF_i$  corresponde al área foliar de la celda  $i$  en el período  $t$

$D$  es la tasa de consumo de área de follaje por individuo de la población plaga durante un período  $f_{it}$  es la proporción de área foliar que presenta las características necesarias para ser utilizada como recurso alimenticio por la plaga en la celda  $i$  en el período  $t$ .

Si una celda ha sufrido de la invasión de individuos de plaga la ecuación [3] es modificada para cuantificar la disminución de la capacidad de carga como consecuencia de la defoliación en los períodos anteriores, la cual es estimada a partir del coeficiente  $D$  y se asume que el bosque es capaz de recuperarse de la defoliación del período anterior en un porcentaje  $R$ . El factor de recuperación  $R_{it}$  es la capacidad que posee el bosque de recuperar el follaje perdido en  $t - 1$  en la celda  $i$ , el cual es expresado en término de porcentaje de la defoliación ocurrido en el período anterior y que es recuperado en el período siguiente ( $t$ ).

La recuperación de la defoliación del período anterior es  $D \cdot N_{i(t-1)} \cdot R_{it}$  y ocurre en el período  $t$ . Debido a que la defoliación provoca una disminución del follaje y la tasa de recuperación recupera un porcentaje del follaje desfoliado, la factorización de ambos términos es  $D \cdot N_{i(t-1)} \cdot (R_{it} - 1)$  y toma valor negativo debido a que el porcentaje de recuperación es menor o igual a uno. De esta manera la capacidad de carga en cualquier celda y período, independiente de si ha sido infectada por plaga en períodos anteriores, queda establecida por la expresión:

$$K_{i,t} = \frac{f_{i,t} \cdot AF_{i,t} + D \left( \sum_{j=0}^{t-1} N_{i,t} (R_{i,t} - 1) \right)}{D} \quad [4]$$

Debido a que el porcentaje de recuperación de la defoliación ocurre con un periodo de retardo, la sumatoria que cuantifica la disminución del área foliar es de  $t = 0$  a  $t = t - 1$  y da cuenta de la disminución de capacidad de carga respecto a una celda que no ha sido infectada por plaga.

### Dispersión de las Poblaciones

El número de individuos de plaga que llega a la celda  $i$  desde el conjunto de celdas pertenecientes a su vecindad es estimado mediante la probabilidad de dispersión  $mn_{i,t}$ , donde  $\lambda$  son las celdas pertenecientes a la vecindad de la celda  $i$ . La probabilidad de dispersión hacia la celda  $i$  es estimada en dos etapas. Primero se estima la probabilidad de que la población plaga abandone la celda  $\lambda$  debido a la competencia intraespecífica en esa celda, y luego se calcula el porcentaje de la población que deja la celda  $\lambda$  y que se dispersa a la celda  $i$ .

La probabilidad de que la población plaga abandone una celda es calculada asumiendo una estrategia de dispersión dependiente de densidad, para lo cual se utiliza un modelo de dispersión umbral. Este modelo de dispersión asume que la probabilidad de dispersión ( $q_{i,t}$ ) se mantiene constante a medida que aumenta la densidad hasta que se llega a una densidad umbral ( $N_{i,t}^*$ ) en la cual la competencia intraespecífica se intensifica y la probabilidad de dispersión comienza a aumentar en forma lineal, hasta llegar a una probabilidad máxima de dispersión (Johst y Brandl, 1997).

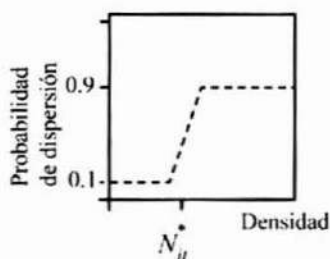


Figura N° 1  
DISPERSIÓN UMBRAL

Luego de estimar la probabilidad  $q_{i,t}$  a partir de la Figura N° 1, se calcula una nueva probabilidad que indica el porcentaje de la población plaga que emigra de la celda  $\lambda$  para dispersarse a la celda  $i$  ( $pq_{i,t}$ ), las que son calculadas a partir de la capacidad de carga ( $K_{i,t}$ ) de la

vecindad de cada una de las celdas  $\lambda$ . De esta manera, la capacidad de carga es utilizada como un indicador de preferencia para la dispersión, permitiendo a la población plaga dispersarse en un mayor porcentaje a las celdas que tengan más recurso alimenticio, el cual se encuentra incorporado en la capacidad de carga de cada celda.

Así, las probabilidades de dispersión de la población plaga hacia la celda  $i$  desde su vecindad durante el período  $t$  queda definida como

$$mn_{\lambda i t} = q_{\lambda i} \cdot pq_{\lambda i t} \quad [5]$$

Donde:

$mn_{\lambda i}$  es la probabilidad de que un individuo de la celda  $\lambda$  se disperse a la celda  $i$  en el período  $t$ . La probabilidad  $mn_{\lambda i}$  corresponde a la proporción de la población plaga de la celda  $\lambda$  que se dispersa a la celda  $i$ . Cuando  $\lambda = i$

La probabilidad  $mn_{\lambda i}$  indica la proporción de individuos de plaga que no se dispersa y permanece en la celda  $i$ .

Respecto a las probabilidades de dispersión para la población de parasitoides ( $mp_{\lambda i}$ ), estas son calculadas a partir de las densidades de plaga de su vecindad, que es utilizado como un indicador de atracción para los individuos de parasitoides. De esta manera, los individuos de parasitoides se dispersarán mayormente a celdas vecinas que tengan una mayor densidad de plaga.

Luego de estimar las probabilidades de dispersión de ambas poblaciones, las densidades de plaga y parasitoides en cada celda y en cualquier período dadas las condiciones iniciales, es determinada por el incremento de la población dado por las expresiones [1] y [2] aplicada a cada una de las celdas con la población del período anterior y la dispersión desde las celdas de la vecindad hacia la celda  $i$  entre periodos de tiempo. La liberación de parasitoides  $X_{\alpha, t+1}$ , que reducen la densidad de plaga, es realizada en el período posterior ( $t + 1$ ) en aquellas celdas donde la plaga alcance un porcentaje  $\alpha$  de la capacidad de carga en el período  $t$  ( $\alpha K_{\lambda}$ ).

### Aplicación del Modelo Propuesto

Para la aplicación teórica del modelo desarrollado, se trabajó sobre un área forestal susceptible a ser invadida por la población plaga y con valores de los diferentes parámetros requerido por el modelo sin la referencia a una plaga real o a una posición geográfica específica. Se simuló dos escenarios; en el primero de ellos la plaga creció y se dispersó en ausencia de parasitoides, mientras que en el segundo escenario se liberaron individuos de parasitoides.

El área espacial a modelar fue dividida en una red de celdas de 30x30 donde cada celda posee una superficie de una hectárea. El área por el cual se propaga la plaga se encuentra conformada por seis rodales, los cuales son representados por un conjunto de celdas, permitiendo tener un ambiente heterogéneo en el cual la plaga crece y se dispersa a distintas

tasas. El horizonte de simulación consistió en diecinueve periodos. La densidad de plaga al inicio de la simulación fue de 25 individuos para doce celdas (Figura N° 2).

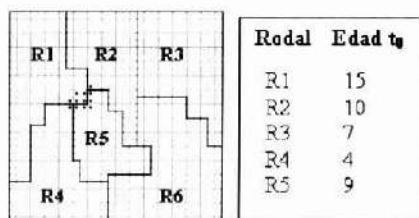


Figura N° 2

DISPOSICIÓN ESPACIAL DE RODALES Y CELDAS INFECTADAS EN  $t_0$ .

Los parámetros requeridos por el modelo para la proyección de la dinámica de la plaga y parasitoides se presentan en el Cuadro N° 1.

Cuadro N° 1

VALORES DE LOS PARÁMETRO UTILIZADOS EN LAS SIMULACIONES

Parámetro	Símbolo	Valor	Parámetro	Símbolo	Valor
Tasa de incremento plaga	$r$	1,2	Parasitoides liberado	$X_{(t+\tau)}$	20
Tasa consumo de follaje	$D$	1	Área descubrimiento parasitoide	$a$	0,02
Nivel liberación parasitoides	$\alpha$	0,15	Población plaga umbral	$N_{2t}^*$	0,2

La capacidad de carga para la población plaga de cada celda fue calculada mediante la ecuación [4]. Para ello, los valores de las área foliares se estimaron utilizando el modelo propuesto por Turner *et al.* (2000), quienes relacionan el diámetro de un árbol para estimar su área foliar. La proporción de follaje que puede ser consumido por la población plaga se estableció de manera tal que las celdas que poseen diámetros mayores tengan una mayor disponibilidad de follaje. Para el crecimiento del bosque se utilizó el programa Radiata Plus. La edad de rotación fue fijada a los 30 años, por lo cual el rodal 1 es cosechado en el periodo 15 y entre los periodos 16 y 18 se asumió un área foliar igual a un metro cuadrado para el conjunto de celdas que conforman el rodal 1.

## RESULTADOS

La población plaga en el escenario 1 (sin liberación de parasitoides) llegó a una densidad de 3.021.695 individuos al final del horizonte de simulación, mientras que en el escenario 2 la población plaga presentó dos peak de alta densidad, siendo el segundo de ellos de mayor densidad con un total en ese periodo de 179 mil individuos. La menor densidad de plaga en el

escenario 2 se debió a la liberación de 2.220 individuos de parasitoides, que fueron liberados a partir del cuarto periodo, las que continuaron con una mayor frecuencia en los periodos posteriores.

Respecto a la dispersión de la población plaga, esta se inició a partir del primer periodo y ambos escenarios se mantuvieron iguales hasta el sexto periodo, donde la dispersión de la plaga comenzó a diferenciarse debido a la liberación de individuos de parasitoides en el escenario 2.

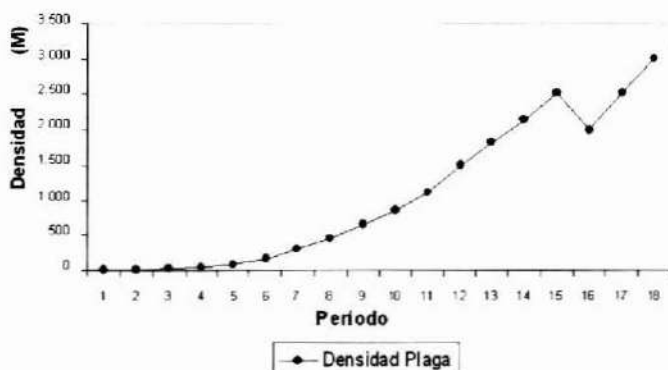


Figura N° 3  
DENSIDAD DE LA POBLACIÓN PLAGA (MILES) PARA ESCENARIO 1

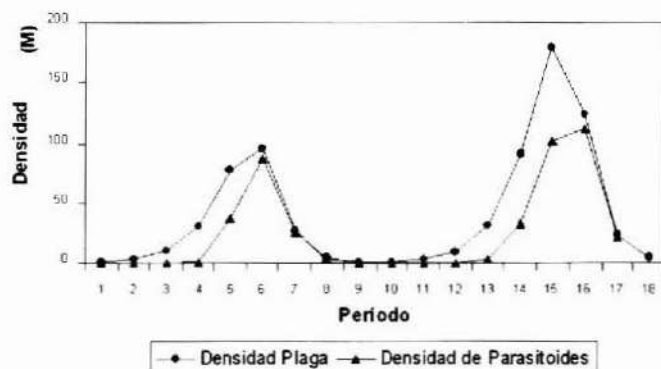


Figura N° 4  
DENSIDADES DE LAS POBLACIONES DE PLAGA Y PARASITOIDE (MILES) PARA ESCENARIO 2

La menor densidad de plaga en el escenario 2 motivó una disminución en las probabilidades de dispersión debido a un menor nivel de competencia existente en las celdas infectadas. Es así como el área infectada en el escenario 2 sólo alcanzó un 44% de las celdas

infectadas en el escenario 1 al finalizar la simulación (Figura N°5).

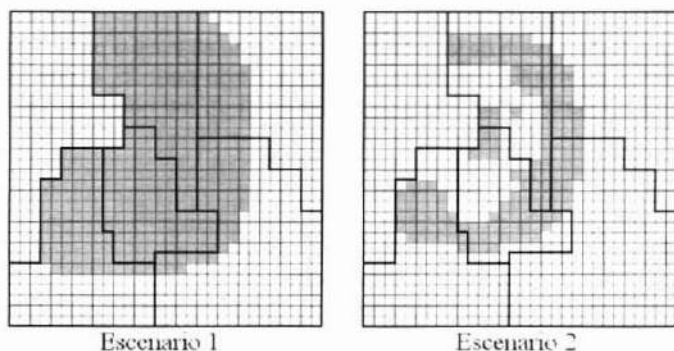


Figura N° 5

**ÁREA INVADIDA POR LA POBLACIÓN PLAGA EN EL PERÍODO 18**

La dinámica de la dispersión de la plaga muestra que los individuos tienen una preferencia para dispersarse hacia el área Este del área modelada, lugar donde se encuentra el rodal 1. Este patrón de dispersión causó que las densidades de la plaga en ese rodal fueran mayores y el área infectada perdiera su simetría inicial y haya tomando una forma ovalada. Esta situación se debió a que el rodal 1 es el de mayor edad, y presentó una mayor disponibilidad de recurso alimenticio, que es una función de su diámetro. Sin embargo, la cosecha del rodal 1 en el periodo 15 provocó la extinción de los individuos de plaga presente en esas celdas, situación que se refleja en la disminución en la densidad total de la plaga.

La mayor concentración de individuos de plaga se mostró en las celdas infectadas al inicio de la simulación y en sus celdas vecinas, mientras que las celdas límites del área infectada presentaron una densidad inferior. Esto se explica por el hecho de que antes de dispersarse, la plaga coloniza la celda aumentando su densidad, originando que un pequeño número de individuos de plaga se dispersen a las celdas vecinas que delimitan el área afectada por plaga.

**DISCUSIÓN**

La menor densidad de plaga en el escenario 2 revela que la dinámica de la población plaga se encuentra dirigida por los procesos de su crecimiento poblacional y disminución poblacional por mortalidad provocados por los individuos de parasitoides. Seguido a la disminución de la plaga, y con un período de retardo, la población de parasitoides también disminuye, reflejando que la existencia de individuos de parasitoides depende de la densidad de su hospedero.

La dinámica de dispersión de la plaga muestra que los individuos tienen una preferencia para dispersarse hacia el área Este del área modelada. Esta preferencia de la plaga para



dispersarse preferentemente hacia un sector del área demuestra que la heterogeneidad espacial y temporal del bosque actúa como un factor relevante en la dinámica demográfica y en la propagación hacia las áreas que presentan las condiciones más atractivas para la población plaga.

La extinción de la plaga en el rodal 1 debido a su cosecha muestra que el modelo es capaz de predecir el comportamiento de los individuos de la población plaga respecto de su densidad y tasas de dispersión, al modificarse la capacidad de carga de las celdas producto de la cosecha del rodal 1. En este sentido, y basado en que en la realidad los bosques son sometidos a diversas intervenciones silviculturales, algunas de ellas tendiente a controlar plagas o disminuir la susceptibilidad de bosques a ser infectados por plaga (Cadahia, 1980 citado por Baldini *et al.*, 2005), el modelo desarrollado es capaz de incorporar las alteraciones producidas por el manejo silvicultural, modificando la capacidad de carga y las probabilidades de dispersión de la plaga.

La principal limitación del proceso de dispersión es que sólo permite la dispersión a las celdas vecinas, impidiendo alcanzar una mayor distancia de propagación. Sin embargo, para las especies que poseen una alta capacidad de dispersión, las reglas de transición que regulan la dispersión pueden ser insuficientes para cubrir la extensión espacial de esas plagas, por lo cual se proponen las siguientes alternativas: (i) utilizar una vecindad de Moore de radio mayor a uno, permitiendo abarcar una mayor distancia de dispersión en un periodo, y (ii) aumentar las superficies de las celdas, obteniéndose de esta manera que la distancia entre dos celdas vecinas sea mayor.

Las densidades de ambas poblaciones no llegan a un equilibrio al finalizar la simulación, al cual se debería llegar a menos que la interacción entre ambas poblaciones sea interrumpida (Mills y Getz, 1996). Esta situación se puede explicar en que la interacción entre hospedero-parasitoides es semejante a la dinámica entre depredador y presa. Nebel y Wright (1999) señalan que en términos de equilibrio poblacional, los organismos parasitarios actúan del mismo modo que los depredadores. Cuando la densidad del hospedero aumenta, los parasitoides tienen pocas dificultades en encontrar nuevos hospederos, y los índices de parasitismos crecen y causan muertes en los individuos de hospedero. Al contrario, cuando la densidad del hospedero es baja, se impide el parasitismo y hay un gran número de parasitoides afectados, condición que permite que la población hospedera se recupere.

Para validar el modelo desarrollado para verificar su aplicación práctica, es indispensable que la relación entre la plaga y su controlador biológico sea compatible con el modelo dinámico hospedero-parasitoide de Beddington *et al.* (1978). Este modelo de hospedero-parasitoide incorpora la dependencia a la densidad de anfitrión para agregarle estabilidad al modelo original de Nicholson y Bailey (Mills y Getz, 1996). Sin embargo, en el ejemplo teórico presentado no se llega a un equilibrio estable durante el periodo de simulación. Esta situación lleva a seguir investigando la dinámica hospedero-parasitoide que permitan predecir las densidades de ambas poblaciones y si estas llegan a un equilibrio estable.

Si bien los individuos de parasitoides reducen la densidad y dispersión de la población plaga, el modelo no entrega una asignación óptima en la liberación de parasitoides al no

realizar un análisis de costo-beneficio, impidiendo asegurar un equilibrio óptimo entre el daño ocasionado por la plaga y los costos asociados a la medida de control (Zhou y Liebhold, 1995; Sharov, 1996).

## CONCLUSIONES

Los resultados muestran que un sistema de simulación basado en autómatas celulares es capaz de simular y predecir el comportamiento de un sistema ecológico complejo, utilizando un pequeño número de reglas simples. Además, demuestra que es posible predecir el crecimiento y dispersión de una plaga en presencia o ausencia de controladores biológicos.

Los modelos demográficos de plagas no pueden ser considerados si ellos no reflejan los procesos de crecimiento y dispersión de poblaciones, debido que su dinámica se ve fuertemente relacionada e influenciada espacial y temporalmente por los dos procesos señalados.

La densidad y dispersión de la plaga en el escenario 2 se ve afectadas por la liberación de parasitoides. Es así como el área invadida sólo alcanza el 44% de las celdas infectadas respecto al escenario 1. Este hecho demuestra que la liberación de controladores biológicos disminuye la probabilidad de que la plaga llegue a áreas no infectadas.

La heterogeneidad espacial del hábitat influye en la dispersión de la plaga. Este acontecimiento demuestra que las diferentes características del bosque son un factor relevante en la dinámica demográfica de la plaga hacia aquellas áreas que presentan las condiciones apropiadas.

La liberación de parasitoides disminuye la densidad de la plaga durante todo el transcurso de la simulación. Sin embargo, ambas poblaciones presentan un comportamiento fluctuante en sus densidades, por lo cual el objetivo que conlleva la liberación de controladores biológicos, que es mantener a la plaga a una baja densidad, no se puede asegurar por los resultados obtenidos. Esta situación lleva a seguir investigando la dinámica hospedero-parasitoide, que permita predecir las densidades de ambas poblaciones y si estas llegan a un equilibrio estable y no fluctuante como en los resultados presentados.

## REFERENCIAS

**Baldini, A., G. Cogollor, A. Sartori y J. Aguayo, 2005.** Control biológico de plagas forestales de importancia económica en Chile. CONAF. Chile. 205p.

**Brasil, C. and P. Abrams, 2004.** The prevalence of asymmetrical indirect effects in two-host-one-parasitoid systems. *Theoretical Population Biology* 66(1): 71–82.

**Ilachinski, A., 2001.** Cellular automata: a discrete universe. World Scientific. 808p.

**Johst, K. and R. Brandl, 1997.** Evolution of dispersal: the importance of the temporal order of reproduction and dispersal. *The Royal Society* 264: 23-30.

**Karafyllidis, I. and A. Thanailakis, 1997.** A model for predicting forest fire spreading using cellular automata. *Ecological Modelling* 99: 87-97.

**Ludwig, D., D. JONES and C. HOLLING, 1978.** Qualitative analysis of insect outbreak systems: the Spruce Budworm and forest. *Journal of Animal Ecology* 47: 315-332.

**Mills, N. and W. Getz, 1996.** Modelling the biological control of insect pests: a review of host-parasitoid models. *Ecological Modelling* 96: 121-143.

**Molofsky, J. and J. Bever, 2004.** A new kind of ecology? *BioScience* 54(5): 440-446.

**Nebel, B. and Wright, 1999.** *Environmental science: the way world work*. Sixth Edition. Prentice Hall, E.U.A. 720p.

**O'neill, R., R. Gardner, M. Turner and W. Romme, 1992.** Epidemiology theory and disturbance spread on landscapes. *Landscape Ecology* 7(1): 19-26.

**Sharov, A., 1996.** Modelling forest insect dynamics. *Caring for the forest: research in a changing world*. Congress Report. Vol. II: 293-303. IUFRO XX World Congress, Tampere, Finlandia.

**Turner, D., S. Acker, J. Means and S. Garman, 2000.** Assessing alternative allometric algorithms for estimating leaf area of Douglas-fir trees and stands. *Forest Ecology and Management* 126(1): 61-76.

**Weimar, J., 1997.** *Simulation with cellular automata*. Logos Verlag Berlin. 199p.

**Zhou, G. and A. Liebhold, 1995.** Forecasting the spatial dynamics of gypsy moth outbreak using cellular transition models. *Landscape Ecology* 10(3): 177-189.



---

# PROBLEMAS DE LOS INSECTOS PLAGAS EN CUBA ESTADO ACTUAL

M Sc Haylett Cruz, R. López, M.C. Berrios, N. Triguero e I. Vila<sup>1</sup>

## RESUMEN

Los problemas de las plagas en los ecosistemas naturales son desconocidos, sin embargo no ocurre así en las plantaciones forestales, donde se hace cada vez más seria esta situación. En Cuba la superficie total boscosa alcanza la cifra de 2,51 millones de hectáreas, donde 2,18 corresponden a bosques naturales y solo 0,33 a plantaciones forestales.

En este trabajo es presentada información actualizada de los principales insectos, que inciden sobre diversos hospederos en áreas naturales, viveros bosques, tanto autóctonos como plantados, encontradas en el país en el periodo 1997-2005. Además se muestra indicadores que reflejan la intensidad, frecuencia y severidad del ataque. Para ello se realizó inventarios sistemáticos en todas las regiones forestales del país. Del total de registros solo 9 especies de insectos son considerados plagas debido a la magnitud de los daños que ocasionan.

Dentro de las plagas de insectos que fueron registradas con afectaciones fuertes, 4 de ellas fueron las más significativas: *Ips grandicollis* (25 %), *Ips calligraphus* (10.71 %), *Atta insularis* (22.61 %) y *Dioryctria homeana* (17.85 %), especies estas que acumulan más del 75 % del total. En cuanto a la incidencia por especies forestales se registraron más del 65 % del total en *Pinus caribaea*, *Pinus maestrensis*, *Hibiscus elatus* y *Eucalyptus* spp. Se informa además nuevos registros de insectos forestales para Cuba, entre los que se incluyen nuevos hospederos, localidades y especies. Este estudio ha permitido la actualización del inventario de plagas forestales de Cuba, lo que a su vez contribuirá a un mejor manejo, conservación y protección del bosque y sus ecosistemas conexos.

---

<sup>1</sup> Instituto de Investigaciones Forestales. Cuba. haylet@forestales.co.cu

## PROBLEMS OF THE PEST INSECTS IN CUBA UPDATING

### SUMMARY

Pest problems in natural ecosystems are unknown, nevertheless in forest plantation, where that problems are increasing, situation is different. In Cuba the total forest surface is approximately 2,5 million hectares, where 2,18 are natural forest and only 0,33 are forest plantations.

In this paper, is presented an updated information about the main insects that injure several hosts in natural areas, nurseries and forest, both natives and introduced, found in the country during the period 1997- 2005. Furthermore several indicators that show the intensity, frequency and severity of the attack are analysed. Systematic inventories in all forest regions of the country were developed and only nine insect species are recognized as pests out of the total records, because of the magnitude of the damage that can cause.

Within the insect pests registered with severe damages, four were the most important: *Ips grandicollis* (25%), *Ips calligraphus* (10.71 %), *Atta insularis* (22, 61 %) and *Diorcyctria homeana* (17.85 %), reaching over than 75 % of the total. The incidence in forest species were recorded, in more than 65 % of the total, in *Pinus caribaea*, *Pinus maestrensis*, *Tiliparitis elatus* y *Eucalyptus* sp. The study has informed new records regarding to hosts, locations and new pest insects, allowing an updating of the forest pest inventory in Cuba and contributing to a better management, conservation and protection of forest and their surrounding ecosystems.

## INTRODUCCION

El patrimonio forestal cubano presenta una gran importancia económica, social y medioambiental, el 21 % de la superficie del país está cubierta de bosques (2.181.007 hectáreas corresponden a bosques naturales y solo 332 690 a plantaciones forestales). Los bosques naturales fundamentales son los semicaducifolios sobre caliza y mal drenados, coníferas y manglares; mientras que los plantados están representados principalmente por coníferas, eucaliptos, casuarinas y especies preciosas en las que se agrupan las meliáceas, la majagua y la teca).

Los problemas fitosanitarios que presentan los bosques ocasionan diferentes manifestaciones en las especies forestales tales como debilitamiento, lento crecimiento y baja calidad y cantidad de los productos, así como pérdida total de individuos. Sin embargo, esto puede ser evitado en gran medida mediante la realización de diagnósticos sanitarios forestales adecuados dentro del escenario de manejo que sea de interés. (Cruz *et al.* 2005). Las plagas forestales son bien conocidas en el país y las más dañinas tienen cierto nivel de estudio Hochmut y Manso, (1975), Hochmut *et al.* (1988) y Cruz *et al.* (2005).

En el país, existe un sistema, conocido como inventario de plagas forestales, que se realiza desde el año 1969, cuando se creó el Instituto de Investigaciones Forestales (IIF), bajo un proyecto de la FAO. Esto ha permitido poseer una actualización permanente sobre los organismos dañinos que se manifiestan en las especies plantadas, en los bosques naturales y la madera en servicio, lo que constituye el eslabón fundamental de la vigilancia de plagas en las áreas forestales del país.

Este resultado, que es una actualización de trabajos anteriores, tiene el objetivo de informar la situación del estado fitosanitario general del país, teniendo en cuenta la frecuencia relativa de incidencia de los agentes nocivos y la magnitud de los daños ocasionados.

## MATERIALES Y METODOS

La metodología consistió en la revisión sistemática durante el periodo comprendido entre 1997 y 2005, por parte de las Estaciones Experimentales Forestales (EEF), de los diferentes sitios forestales, búsqueda de información en las delegaciones provinciales del Ministerio de Agricultura, así como en las Empresas Forestales Integrales del país y unidades silvícolas, en cuanto a incidencias de agentes dañinos en el área perteneciente a la estación forestal correspondiente. Se inventarió las zonas según la metodología de inventario patológico forestal (López *et al.* 2003), se consideró registros satisfactorios (S) en los casos que no se detectó agente dañino alguno o solo con intensidad ligera. En los laboratorios del Instituto de Investigaciones Forestales se realizó las determinaciones específicas de los agentes nocivos con la ayuda de la literatura existente (Hochmut y Manso, 1975; Hochmut *et al.*, 1988 y Leontovic, 1972) y de las colecciones entomológicas de dicho Instituto, del Instituto de Ecología y Sistemática y del Museo Nacional de Historia Natural de Cuba. Con el resultado de dichos registros se realizó el análisis para el conocimiento del estado fitosanitario general del país. Para el análisis de dichos registros del patrimonio forestal nacional se dividió en tres regiones geográficas según la clasificación de Bisse (1988), en región occidental, central y oriental. Se comparó por análisis estadísticos mediante ANOVA los datos de los registros por regiones.



## RESULTADOS

Con los resultados de los registros durante el periodo anteriormente señalado se determinó que los insectos más dañinos a las semillas forestales fueron: *Dioryctria homeana* (Lepidoptera: Phycitidae), que afecta los conos de los pinos, e *Hypsipyla grandella* (Lepidoptera: Pyralidae), que puede llegar a destruir el fruto y las semillas del cedro (*Cedrela odorata*) y de la caoba de las antillas (*Swietenia mahagoni*), y en las palmáceas: *Caryobruchus gleditsiae* (Coleoptera: Bruchidae) que puede llegar a afectar el 50 % de las semillas almacenadas de *Copernicia macroglossa* y más del 10% en plantación (López et al, 2003).

En los viveros se ha estimado nacionalmente un 11,7 % de pérdidas por plagas (Dirección de Silvicultura, 1992), y la especie más dañina tanto en coníferas como en latifolias es *Spodoptera sunia* (Lepidoptera: Noctuidae), seguida de *Anomis illita* (Lepidoptera: Noctuidae) la principal plaga de la majagua (*Tillipartitis elatus*), sin embargo, la disminución de las mismas se logra con el control de las malezas, las que le sirven de refugio y de hospederos alternativos.

Del total de estos agentes detectados en las diferentes regiones geográficas durante el periodo, 9 especies de insectos se pueden considerar como los de mayor interés fitosanitario debido a que mostraron mayor intensidad de los daños sobre los hospederos y una mayor dispersión en los rodales inspeccionados (Cuadro N° 1).

**Cuadro N° 1**  
**ESPECIES DE INSECTOS QUE PRESENTARON EL MAYOR NÚMERO DE REGISTROS (N)**  
**CON INTENSIDAD DE MODERADA A FUERTE Y SU FRECUENCIA RELATIVA (%) SEGÚN LAS**  
**REGIONES GEOGRÁFICAS: OCCIDENTAL, CENTRAL Y ORIENTAL.**

Especie	Occidental		Central		Oriental		Total	
	N	%	N	%	N	%	N	%
<i>D. homeana</i>	6.00	25.0	0.0	0.00	13.0	33.33	19	17.85
<i>H. grandella</i>	0.00	0.00	5.00	11.76	2.00	6.66	7.00	7.14
<i>Ips grandicollis</i>	12.00	50.0	15.00	32.35	0.00	0.00	27.00	25.00
<i>A. insularis</i>	5.00	20.0	10.00	23.52	9.00	23.33	24	22.61
<i>Ips calligraphus</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	11.00	30.00	11	10.71
<i>S. sunia</i>	0.00	0.00	5.00	11.76	0.00	0.00	5	4.76
<i>P. litus</i>	0.00	0.00	4.00	8.82	0.00	0.00	4	3.57
<i>A. illita</i>	1.00	5.00	0.00	0.00	2.00	6.66	3	2.88
<i>N. castaneus</i>	0.00	0.00	2.00	5.88	0.00	0.00	2	2.38
Otros	0.00	0.00	2.00	5.88	0.00	0.00	2	2.38
Total	24.00	100.0	43.00	99.97	37.00	99.98	104	99.97

Considerando los resultados generales (Cuadro N° 2) es posible afirmar que la región occidental es la que mejor estado fitosanitario presenta ya que tiene el mayor porcentaje de registros satisfactorios sin reportes de agentes nocivos con intensidad moderada o fuerte, con diferencias significativas (5%) con respecto a la región central ( $F_c = 28.27$ ;  $F_1 = 3.91$ ;  $E = 4.54$ ). Esto se debe posiblemente al buen estado fitosanitario de 200 ha. de plantaciones de



eucaliptos en las Taironas (Pinar del Río) y otras localidades con afectaciones ligeras como: 200 ha. de *Pinus caribaea*, en La Palma, afectadas solo por *Rhyacionia frustrana* al 1% con intensidad ligera y otras 58 ha. de *P. caribaea* en la localidad de San Juan (Pinar del Río) afectadas solo por *Dioryctria clarioralis* con afectaciones del 1.5 al 2.8 % con intensidad ligera.

Cuadro N° 2

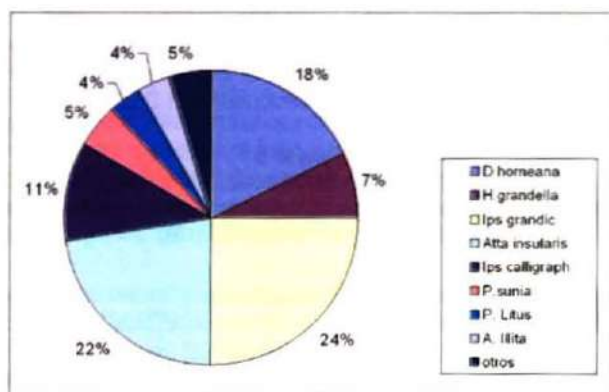
**NUMERO DE REGISTROS (N) Y FRECUENCIA DE APARICIÓN (%) DE AGENTES NOCIVOS SEGÚN CATEGORÍA DE INTENSIDAD DE DAÑOS POR REGIONES GEOGRÁFICAS (R) : OCCIDENTAL (O), CENTRAL (C) Y ORIENTAL (OR)**

Región	Satisfactorio		Moderado		Fuerte		Total	
	N	%	N	%	N	%	N	%
O	39a	0.47	25a	0.29	20a	0.24	84	1.00
C	12b	0.15	39b	0.48	30a	0.37	81	1.00
Or	14b	0.23	35b	0.57	12a	0.20	61	1.00
Total	65	0.29	99	0.44	62	0.27	226	1.00

Nota: Letras diferentes representan diferencias significativas para ANOVA de clasificación simple (5%)

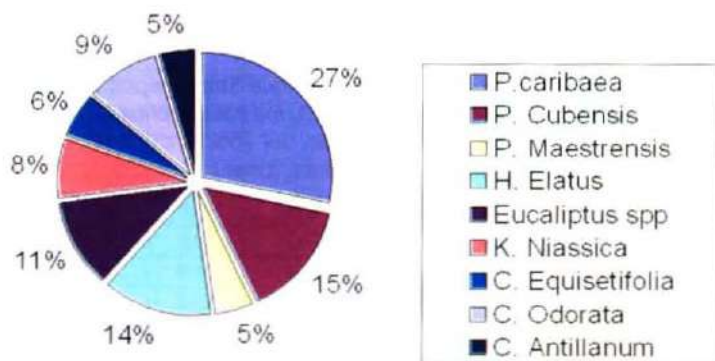
La región central es la que muestra mayor porcentaje de daños fuertes, lo cual posiblemente se debe a la incidencia de los escolitidos descortezadores de los pinos de la especie *Ips grandicollis* en *P. caribaea* en la meseta de San Felipe. Mientras que la región oriental se muestra un estado general regular, en la cual tuvo también gran incidencia la presencia de daños fuertes de los escolitidos descortezadores y la especie *Dioryctria homeana* sobre *P. caribaea*, sin embargo estas diferencias no resultaron significativas ( $F_c = 2.68$ ;  $F_i = 3.88$ ;  $E = 0.10$ )

Por otra parte, entre las especies de insectos que fueron reportadas con afectaciones fuertes se tiene que 4 de ellas: *Ips grandicollis* (25%), *Ips calligraphus* (10.71%), *Atta insularis* (22.61%) y *D. homeana* (17.85%), acumulan más del 75% (Figura N° 1) de los registros, resultados que son similares a los reportes anteriores. (López *et al* , 2003)



**Figura N° 1**  
**FRECUENCIA RELATIVA DE LAS PRINCIPALES PLAGAS DE INSECTOS**

En cuanto a la incidencia por especies forestales (Figura N° 2), existen 4 de ellas que registraron más del 65% del total de las incidencias (*P. caribaea*, *P. maestrensis*, *Tilipartitis elatus* y *Eucaliptus* sp). Entre las plantaciones de pinos *P. tropicalis* fue la especie con menores incidencias de agentes nocivos. En el caso de las plantaciones de eucaliptos ocurre una situación muy singular, pese a que desde el punto de vista genérico se encuentran entre las más afectadas, algunas especies de este género (*E. pellita*, *E. tessellaris*, *E. citriodora*, *E. alba* y *E. torrellana*) reportaron con registros satisfactorios.



**Figura N° 2**  
**ESPECIES FORESTALES CON MAYOR AFECTACION POR PLAGAS**

En las plantaciones de pinos se han producido pérdidas considerables por efecto del complejo *Ips-Ceratocystis* (después de los incendios forestales en los últimos 10 años, en Punta Felipe en Villa Clara en el año 2002) (López, Com. Pers.).

Como resultado de este inventario, se encontró nuevos registros de insectos para Cuba (Cuadro N° 3). Por informes anteriores se conoce que los brotes epidémicos de plagas de insectos forestales en Cuba se han producido en bosques artificiales de *P. caribaea* y en localidades donde no existía dicha especie de forma natural, como son los casos de Guanahacabibes, Pinar del Río (Anónimo, 1992) en los cuales los escolitidos afectaron más de 680 ha, lo que constituía más del 50% de lo plantado en dicha zona, y en La Gran Piedra, Santiago de Cuba, donde se desarrollaron 22 focos que afectaron a más de 2,000 ha de esta especie de pino (Anónimo, 1993). Los resultados de este trabajo coinciden con estos informes, así como también los registros históricos de los inventarios anteriores, lo que pone de manifiesto la vulnerabilidad de las especies forestales cuando se encuentran en plantaciones o fuera de su área de distribución natural.

**Cuadro N° 3**  
**NUEVOS REPORTES DE ESPECIES DE INSECTOS, HOSPEDEROS Y LOCALIDADES**

Especie	Hospedero	Parte que Afecta	Localidad
<i>Ammalo sp</i> <sup>NR</sup>	<i>Callophyllum antillanum</i>	Hojas	Ciudad Habana
<i>Caryobruchus gleditsiae</i>	<i>Copernicia macroglossa</i> <sup>NR</sup>	Frutos	JBN
<i>Caryobruchus gleditsiae</i>	<i>Copernicia glabrescens</i> <sup>NR</sup>	Frutos	JBN
<i>Caryobruchus gleditsiae</i>	<i>Copernicia curtissi</i> <sup>NR</sup>	Frutos	JBN
<i>Coccotrypes dactyliperda</i>	<i>Coccoltrinx borhidiana</i> <sup>NR</sup>	Frutos	JBN
<i>Neotermes castaneus</i>	<i>Fraxinus cubensis</i> <sup>NR</sup>	Duramen	Ciénaga de Zapata
<i>Pachylobius picivorus</i>	<i>Pinus caribaea</i>	Brotos	Tope de Collantes <sup>NR</sup>
<i>Dinoderus minutus</i>	<i>Calamus tetradactylus</i> <sup>NR</sup>	Madera	Tope de Collantes
<i>Hylobius sp.</i> <sup>NR</sup>	<i>Pinus cubensis</i>	Brotos	Guisa

Nota: El supraindice <sup>NR</sup> indica el nuevo reporte. JBN: Jardín Botánico Nacional

Según los resultados de este trabajo, la mayor parte de los agentes dañinos a las especies forestales se desarrollan y pueden llegar a convertirse en plagas cuando dichas especies forestales están fuera de su área de distribución natural, mientras que en los sitios forestales que no se encuentran en estas situaciones sólo se producen incidencias de insectos y microorganismos con carácter endémico con menor intensidad y extensión de daños. Esta información tiene gran importancia para el control de los agentes dañinos ya que ofrece argumentos sobre las causas que propician el desarrollo de los mismos.

Las pérdidas por plagas pueden variar de acuerdo a diversos factores y según la especie forestal. Por ejemplo, en los pinares se han informado pérdidas considerables por escolitidos del género *Ips* (Zorrilla, 1985) y las plantaciones de cedro se han limitado sustancialmente a causa de las afectaciones por *Hypsipyla grandella*.

Aunque las áreas forestales del país se encuentran en ecosistemas relativamente poco antropizados, los problemas de plagas pueden ocurrir a causa de un manejo inadecuado del bosque o como consecuencia de eventos meteorológicos. De cualquier manera, el manejo

de plagas bajo estas condiciones debe enfocarse hacia la prevención y la vigilancia, como estrategias muy promisorias para reducir los riesgos de afectaciones.

En los sistemas forestales del país se ha organizado determinadas acciones con estas características y de hecho se consideran básicas para la protección fitosanitaria bajo las condiciones ecológicas donde se encuentran los bosques.

La protección del bosque está a cargo de las unidades silvícolas, que pertenecen a las Empresas Forestales del Ministerio de la Agricultura, y reciben asistencia técnica directa de las Estaciones Experimentales Forestales (EEF) y del Servicio Estatal de Sanidad Vegetal de cada provincia. Correspondiendo al Instituto de Investigaciones Forestales (IIF) y al Instituto de Investigaciones de Sanidad Vegetal (INISAV), asesorar los programas forestales y generar nuevas tecnologías. La vigilancia de plagas está organizada en cada provincia en conjunto entre la rama forestal y la sanidad vegetal y esta incluye como objetivos esenciales las plagas habituales, las ocasionales o raras que se manifiestan bajo ciertas condiciones y las plagas exóticas o bajo vigilancia por la cuarentena vegetal (Cuadro N° 4) (Vázquez *et al*, 1999).

**Cuadro N° 4**  
**FUNCIONAMIENTO DE LA VIGILANCIA DE PLAGAS EN LAS ÁREAS FORESTALES DE CUBA**

Elementos de Vigilancia	Alcance	Objetivos Principales
Cuerpo de guarda-bosques	Bosque	-Detección de nuevos brotes de plagas que llaman su atención. -Detección de plagas bajo vigilancia por los programas de cuarentena vegetal.
Empresas forestales	Empresa	-Seguimiento de plagas habituales. -Inspección para la detección de plagas ocasionales o raras y de interés cuarentenario (encuestas). -Supervisión de avisos de plagas de los guarda-bosques.
Estaciones Experimentales Forestales	Región	-Inventario de plagas. -Comportamiento de plagas habituales. -Investigaciones locales.
Estaciones Territoriales de Protección de Plantas (ETPP)	Municipio	-Supervisión de avisos de plagas nuevas o de interés de la cuarentena vegetal. -Inspección de viveros.
Laboratorio Provincial de Sanidad Vegetal (LAPROSAVs)	Provincia	-Servicio de identificación de plagas.
Instituto de Investigaciones Forestales (IIF)	Nacional	-Inventario nacional de plagas forestales. -Investigaciones ecológicas y de manejo. -estudios taxonómicos de plagas.

Las investigaciones conducidas por el IIF y su red de Estaciones Experimentales Forestales han contribuido a que en el país exista un inventario de las plagas forestales, todo lo cual facilita la realización de la vigilancia y la toma de decisiones, ya que en el caso de las plagas habituales se han realizado estudios ecológicos de utilidad para su manejo.

## CONCLUSIONES

*Pinus caribaea*, *P. maestrensis*, *Tiliparitis elatus* y *Eucaliptus* sp, acumularon más del 60% del total de agentes nocivos.

La región menos afectada por agentes nocivos fue la región Occidental del país, mientras que la Central resulto la más afectada con un grado de intensidad de moderada a fuerte.

Las especies de insectos de mayor interés fitosanitario fueron: *Dioryctria horneana*, *Hypsipyla grandella*, *Ips grandicollis*, *Ips calligraphus*, *Pachnaeus litus*, *Atta insularis*, *Spodoptera sunia*, *Anomis Illita* y *Neotermes castaneus*.

Entre las plantaciones de pinos, fue *P. tropicalis* la especie con menores incidencias de agentes nocivos.

## REFERENCIAS

**Anónimo, 1993.** Informe técnico: Valoraciones técnicas de la marcha del programa emergente contra escolitidos descortezadores de los pinos, La Gran Piedra. Santiago de Cuba.

**Bisse, J., 1988.** Árboles de Cuba. Edit. Círculo.-Técn.; C. Habana, Cuba. 384 pág.

**Cruz, H. I., Vila, I., Cuesta, C., Guerra, R., López, N., Triguero y E. Rengifo, 2005.** Manual Forestal de plagas, enfermedades y micorrizas. ISBN: 959-246-147-3. 59p.

**Dirección de Silvicultura, 1992.** Política Forestal: Plan Turquino. Ministerio de la Agricultura. Ciudad de La Habana. 16p.

**Hochmut, R. y D.M. Manso, 1975.** Protección contra las plagas forestales en Cuba. Inst. Cub. del (La Habana).290 p.

**Hochmut, R.; E. Valdés, B. Mellado, M. Hernández y A. Labrada, 1988.** Guía para la determinación de plagas y enfermedades forestales. Editorial Científico-Técnica La Habana. 68 p.

**Leontovyc, R., 1972.** Informe final de Fitopatología Forestal. La Habana, Cuba.

**López, R., 2006.** Comunicación personal.

**López, R., C. Guerra, A. Duarte, H. Cruz, A. Fernández, A. García, Y. Varela, M. C. Berrios, N. Triguero, e I. Vila., 2003.** Actualización del inventario de insectos y microorganismos nocivos a las especies forestales en Cuba. FITOSANIDAD vol. 7, no. 2, junio, 3-9 pp.

**Vázquez, L. L., J. M. Menéndez y R. López, 1999.** Manejo de insectos de importancia forestal en Cuba. Manejo Integrado de Plagas (Costa Rica) No 54, pp. 13-19.





---

# ***Trichoderma harzianum* UN BIOCONTROL Y BIOPROMOTOR EN VIVERO DE ESPECIES FORESTALES**

Graciela Romero, Alicia Crosara y Amalia Baraibar<sup>1</sup>

## **RESUMEN**

El uso de fungicidas para controlar problemas sanitarios en viveros forestales presenta problemas de manejo tanto por su toxicidad como por los problemas de resistencia de los patógenos. Esto lleva a incrementar la cantidad de productos aplicados o la frecuencia de las aplicaciones sin lograr en ciertos casos el efecto de control deseado.

En los viveros forestales son frecuentes ataques por diferentes patógenos, según se trate de eucaliptos o de pinos. En el caso de patógenos que atacan el género *Pinus*, infecciones de *Botrytis cinerea* Pers ex Pers, agente causal del moho gris de los pinos; *Fusarium spp*, agente causal de *Damping-off*, se manifiestan en el transcurso de la producción de plantas. *Trichoderma harzianum* es un agente de biocontrol de enfermedades y promotor de crecimiento que tiene potencial aplicación en viveros forestales.

El objetivo de este trabajo es lograr la inclusión de *Trichoderma* en el sistema sustrato - plantín forestal y los resultados productivos, a través de la selección de sustratos y el ajuste de los esquemas nutricionales empleados en un vivero comercial productor de plantas de pino y eucalipto.

Se estudió el comportamiento de una cepa de *Trichoderma harzianum* (**Trichosoil**, Lage y Cia SA) en dos sustratos de uso comercial. Se evaluó la supervivencia del antagonista durante el ciclo de producción de plantines de *Eucalyptus grandis*, *E. globulus* y *Pinus taeda*. Los sustratos esterilizados fueron inoculados con **Trichosoil** (3 kg/m<sup>3</sup>), incubados por 3 días y distribuidos en bandejas posteriormente sembradas con las diferentes especies. Periódicamente se efectuó recuentos de ufc./g en cada sustrato. Para cada fase de crecimiento de los plantines (arranque, cria y terminación) se efectuó los tratamientos nutricionales según el esquema de la Empresa Colonvade SA, manteniendo la relación entre nutrientes y variando la dosis al doble y al cuádruple.

Se constató diferencias significativas entre sustratos en el crecimiento y supervivencia de *Trichoderma*. El sustrato en base a cáscara de pino compostada mantuvo las poblaciones inicialmente incorporadas (6 x 10<sup>5</sup> ufc./g) hasta el final del periodo del ensayo.

Se determinó también parámetros de calidad de los plantines obtenidos como peso

---

<sup>1</sup> Ingeniera Agrónoma, Profesora Protección Forestal Departamento Forestal, Facultad de Agronomía labgrom@adinet.com.uy

Ingeniera Agrónoma M Sc. Facultad Ciencias UNCIEP crosara@foen.edu.uy

Ingeniera Agrónoma M Sc. Lage & Cia. S.A. lage@lageycia.com.uy

seco y fresco de raíz y parte aérea, diámetro de cuello y altura de las plantas obtenidos en los diferentes tratamientos realizados.

Se constató efecto promocional de *Trichoderma* en niveles de 12% a 50% en parámetros de altura, diámetro, peso radicular y de la parte aérea, entre otros, por encima de los valores obtenidos con la tecnología convencional.

Estos resultados son alentadores en aspectos productivos y económicos, ya que con la inclusión de **Trichosoil** y el ajuste nutricional correspondiente, se logró uniformar la calidad de los plantines a la vez que acortar el periodo de preparación de plantas, liberando al vivero para futuras nuevas plantaciones

## SUMMARY

Fungicides used to control forest diseases in nurseries often show problems due to toxicity produced in its management and also due to resistance in pathogens. These leads to increase either the dosage or the application frequency, in most cases without getting the disease control.

Diseases in forest nurseries are usually produced by pathogens like *Botrytis cinerea*, *Fusarium spp* on Pines and Eucalypts seedlings.

The objectives of this paper were to include the use of *Trichoderma* in the management practice of a commercial nursery producing Pines and Eucalypts seedlings. Another objective was the nutritional evaluation of the produced seedlings as well as the quality parameters for seedling production related to the effect of the biocontrol agent.

The test included the study of *Trichoderma harzianum* in two different commercial substrates to evaluate surviving conditions of the bioagent of *Pinus taeda*, *Eucalyptus grandis* and *E. globulus* seedlings. The substrate was initially sterilized and inoculated with Trichosoil (3 kg/m<sup>3</sup>), incubated during 3 days and sown with seeds of the different species. Countings of units of forming colony numbers were collected periodically for each substrate.

In each seedling growing stage (starting, growing and termination) nutritional treatments were followed as the nursery carried out commonly keeping the relation for nutrients and also making double and quadruple dosage.

Significant differences were detected on *Trichoderma* grow and survival in substrates.

The composted pine cork substrate gave higher survival number for cfu (colony forming units) and kept initial population of *Trichoderma* cfu up to the end of the test.

Quality parameters for seedling production were also evaluated as fresh and dried weight for root and aerial components.



## MATERIALES Y METODOS

### Colonización y Supervivencia de *Trichoderma harzianum* en Dos Sustratos Comerciales

#### - En Ausencia de Plantas

Previo a la instalación del ensayo en el vivero, se incorporó el agente microbiano *Trichoderma harzianum* cepa L1, producido comercialmente por la firma Lage y Cía con el nombre de **Trichosoil**, a los dos sustratos comerciales. La dosis empleada fue de 3 kg/m<sup>3</sup> de cada sustrato, que representa una población esperada de conidios o propágulos equivalente a 1.5 x 10<sup>6</sup> ufc por celda de las bandejas. Se mezcló bien el producto en cada sustrato y se dejó incubando a temperatura ambiente para promover la colonización. Se llenó las bandejas con los dos sustratos inoculados y los testigos respectivos sin inocular. Fueron 2 sustratos x 2 tratamientos de inoculación x 5 fechas de recuentos x 3 repeticiones. Cada repetición (parcela) estaba constituida por una bandeja con 72 celdas. Para este estudio no se incorporó semillas.

Se midió la colonización y supervivencia del *Trichoderma* inoculado en los dos sustratos mediante el recuento de las ufc./g en medio selectivo, a partir de muestras de 10 g de cada sustrato, provenientes de una mezcla de diferentes celdas al azar de cada repetición y por el método de dilución en placas, con tres repeticiones por tratamiento. Se contabilizó las ufc./g a las 0, 1, 3, 9, 18 y 23 semanas del experimento.

#### - En Presencia de Plantas

En base al esquema de manejo de los sustratos, se instaló un experimento con plantas considerando *Pinus taeda*, *Eucalyptus grandis* y *E.globulus*, lo que contabiliza 12 tratamientos (3 especies x 2 sustratos x 2 tratamientos al sustrato) con 6 repeticiones (1 bandeja con 72 plantas = 1 repetición). Se evaluó parámetros morfológicos en los plantines (altura y peso de la materia seca) a las 13, 18 y 23 semanas. Solamente se contabilizó las ufc./g al comienzo del experimento y al cosechar, siguiendo la misma metodología.

### Evaluación de Diferentes Dosis de Fertilización en la Producción de Plantines de *Pinus taeda* Creciendo en Sustrato Colonizado por *Trichoderma harzianum*

El experimento se instaló en un invernáculo del vivero "La Buena Unión" de la empresa COLONVADE S.A. ubicado en el departamento de Rivera, Uruguay. Se utilizó 80 bandejas de PVC negro de 72 celdas cada una con una capacidad de 93 cm<sup>3</sup> por celda.

Se empleó el sustrato de la empresa cuyo componente principal es cáscara de pino compostada. La inoculación del sustrato se efectuó de la misma forma arriba detallada y se realizó el recuento a los 3 meses de la inoculación.

Se aplicó 5 tratamientos con 4 repeticiones por tratamiento. La diferencia de tratamientos corresponde a diferentes dosis de fertilización, con *Trichoderma* en el sustrato (T1, T2, T3 y T4) y un testigo sin *Trichoderma* (T0) y con el nivel de fertilización de T1. El detalle es presentado

en el Cuadro N° 1.

La fertilización se realizó vía foliar en todas sus etapas y con frecuencia semanal.

El diseño estadístico fue de bloques completos al azar con 4 bloques, 5 tratamientos y 4 repeticiones por tratamiento.

Los parámetros morfológicos evaluados fueron altura y diámetro de cuello y los parámetros fisiológicos peso fresco y seco de plantines y dosis de macro y micro nutrientes (en la semana 16 y 21).

En ningún momento del ensayo se aplica fungicidas.

**Cuadro N° 1**  
**DESCRIPCIÓN DE TRATAMIENTOS**

Etapa	Fertilizante	T 0 (g/planta)	T 1 (g/planta)	T 2 (g/planta)	T 3 (g/planta)	T 4 (g/planta)
Arranque	18-44-0	0.010	0.010	0.005	0.020	0.040
	13-0-46	0.006	0.006	0.003	0.012	0.024
Cria	18-18-18	0.015	0.015	0.0075	0.03	0.06
	34-0-0	0.004	0.004	0.002	0.008	0.016
	18-18-18	0.015	0.015	0.0075	0.03	0.06
	13-0-46	0.0035	0.0035	0.00175	0.007	0.014
	15-5-0+ Ca	0.0035	0.0035	0.00175	0.007	0.014
Terminación	11-9-35	0.013	0.013	0.0065	0.026	0.052
	0-52-34	0.009	0.009	0.0045	0.018	0.036

T 0 Sin *Trichoderma harzianum*

T 1 – T 2 – T 3 – T 4 Con *Trichoderma harzianum*

## RESULTADOS

### Colonización y Supervivencia de *Trichoderma harzianum* en Dos Sustratos Comerciales

#### - En Ausencia de Plantas

Se observó diferencias estadísticamente significativas entre sustratos, siendo el Sustrato 1 (cáscara de pino compostado) el que presentó más altos recuentos de *Trichoderma*. Al cabo de las 23 semanas, no se detectó descensos poblacionales en este sustrato lo que indica su capacidad para mantener viable al agente microbiano. A partir de la novena semana, se constató la presencia de una cepa de *Trichoderma* nativa del sustrato, que se desarrolló en las sucesivas semanas llegando a niveles similares al *Trichoderma* inoculado. Sus características

culturales son bien diferentes de la cepa L1.

**Cuadro N° 2**  
**COLONIZACIÓN Y SOBREVIVENCIA DE *Trichoderma harzianum* EN DOS SUSTRATOS**  
**COMERCIALES PARA CULTIVO DE ESPECIES FORESTALES EN VIVERO**

Tratamientos	<i>Trichoderma</i> (ufc/g de sustrato)				
	Tiempo (semanas)				
	0	1,3 *	9	18	23
Sustrato 1 (S <sub>1</sub> )	nsd	nsd	5,83 x 10 <sup>4</sup> b	1,07 x 10 <sup>5</sup> ab	2,67 x 10 <sup>5</sup> a
S <sub>1</sub> +T. <i>harzianum</i>	5,6 x 10 <sup>5</sup>	1 x 10 <sup>5</sup> a	3,07 x 10 <sup>5</sup> a	2,43 x 10 <sup>5</sup> a	3,3 x 10 <sup>5</sup> a
Sustrato 2 (S <sub>2</sub> )	nsd	nsd	nsd	1,5 x 10 <sup>3</sup> b	2,3 x 10 <sup>3</sup> b
S <sub>2</sub> +T. <i>harzianum</i>	4,5 x 10 <sup>5</sup>	4,5 x 10 <sup>5</sup> b	1,6 x 10 <sup>4</sup> b	3,13 x 10 <sup>4</sup> b	3,43 x 10 <sup>4</sup> b
	F: sd	F: sd	F: sd	F: 0,82	F: 0,09
	DMS: 0,0	DMS: 0,0	DMS: 0,0	DMS: 1,57 x 10 <sup>5</sup>	DMS: 1,32 x 10 <sup>5</sup>

nsd: no se detectó colonias de *Trichoderma* en la menor dilución empleada para el recuento.

\* siembra del ensayo

A partir de la 16ª semana se comenzó con el plan de fertilización via riego.

Letras distintas indican diferencias significativas ( $p \leq 0,1$ ).

En cuanto al sustrato 2, este no fue capaz de sostener los niveles de inóculo agregados al inicio. Las diferencias principales por las que estos dos sustratos se contraponen tienen relación con la naturaleza de la fracción orgánica que los compone. En el sustrato 1, por ser un compost, la fracción de C es más lábil que en el sustrato 2, compuesta fundamentalmente por ligninas estabilizadas. *Trichoderma* por ser un hongo celulolítico, germinó preferentemente en el sustrato con fuentes de Carbono más mineralizables que están presentes en el Sustrato 1. Esto concuerda con Steiner y Lockwood (1969), Brodie y Blakeman (1976) y, más recientemente, Nelson, Kuter y Hoitnik (1983). Se demostró la importancia de la elección del sustrato y las características del mismo cuando se introduce un agente microbiano, que deberá sobrevivir y mantenerse viable para ejercer su antagonismo o actividad de promoción de crecimiento. La dinámica de la colonización y supervivencia concuerda con las aseveraciones de Papavizas (1985).

### - En Presencia de Plantas

Las mediciones de altura de plantín de las 3 especies a las 13 semanas son indicadoras del efecto inmovilizador de la presencia de *Trichoderma* en los sustratos. Para el caso del Sustrato 2 la falta de nutrientes disponibles para la planta se observó aun en los tratamientos sin el *Trichoderma*. La estabilidad de los componentes del Sustrato 2, muy utilizado en producciones hortícolas, pero con fertilización complementaria a partir de los 7 días, explica la falta de respuesta en el crecimiento.



Cuadro N° 3

EVOLUCIÓN DE LA ALTURA DE PLANTINES FORESTALES DE *Pinus taeda* QUE CRECEN EN DOS SUSTRATOS COLONIZADOS O NO CON *Trichoderma harzianum*.

Tratamiento	Altura de plantín (cm)		
	Tiempo (semanas)		
	13	18	23
Sustrato 1 (S <sub>1</sub> )	9,65 a	12,17 a	13,53 a
S <sub>1</sub> + T. harzianum	7,78 b	9,68 b	11,33 b
Sustrato 2 (S <sub>2</sub> )	8,52 b	10,20 b	11,00 b
S <sub>2</sub> + T. harzianum	8,43 b	9,82 b	10,58 b
	F: 4,86	F: 11,93	F: 6,3
	DMS: 0,987	DMS: 0,742	DMS: 0,866

\*A partir de la semana 16 se comenzó con el plan de fertilización vía riego.  
Letras distintas indican diferencias significativas ( $p \leq 0.1$ )

Cuadro N° 4

EVOLUCIÓN DE LA ALTURA DE PLANTINES FORESTALES DE *Eucalyptus globulus* QUE CRECEN EN DOS SUSTRATOS COLONIZADOS O NO CON *Trichoderma harzianum*.

Tratamiento	Altura de Plantín (cm)		
	Tiempo (semanas)		
	13	18	23
Sustrato 1 (S <sub>1</sub> )	18,63 a	22,70 ab	25,35 c
S <sub>1</sub> + T. harzianum	15,92 ab	21,23 b	25,62 bc
Sustrato 2 (S <sub>2</sub> )	14,95 b	23,33 ab	29,86 ab
S <sub>2</sub> + T. harzianum	16,18 ab	25,35 a	31,45 a
	F: 2,78	F: 2,29	F: 0,13
	DMS: 2,888	DMS: 2,806	DMS: 4,503

\*A partir de la 16ª semana se comenzó con el plan de fertilización vía riego.  
Letras distintas indican diferencias significativas ( $p \leq 0.1$ )

Solamente para el caso de *Eucalyptus globulus* se observó compensación a partir del inicio del plan de fertilizaciones (13 semanas).

**Cuadro N° 5**  
**EVOLUCIÓN DE LA ALTURA DE PLANTINES FORESTALES DE *Eucalyptus grandis* QUE CRECEN EN DOS SUSTRATOS COLONIZADOS O NO CON *Trichoderma harzianum*.**

Tratamiento	Altura de plantín (cm)		
	Tiempo (semanas)		
	13	18	23
Sustrato 1 (S <sub>1</sub> )	25,58 a	30,83 a	33,88 a
S <sub>1</sub> + T. harzianum	22,25 b	27,38 b	30,98 ab
Sustrato 2 (S <sub>2</sub> )	11,38 c	22,08 c	27,02 bc
S <sub>2</sub> + T. harzianum	11,55 c	21,22 c	26,52 c
	F: 2,52	F: 1,19	F: 0,47
	DMS: 2,653	DMS: 2,892	DMS: 4,269

\* A partir de la 16ª semana se comenzó con el plan de fertilización vía riego.  
 Letras distintas indican diferencias significativas ( $p \leq 0.1$ )

**Cuadro N° 6**  
**EVOLUCIÓN DEL PESO DE LA MATERIA SECA DE PLANTINES FORESTALES CRECIENDO EN DOS SUSTRATOS COLONIZADOS O NO CON *Trichoderma harzianum*.**

Tratamiento	Peso Materia Seca (g)								
	<i>P. taeda</i>			<i>E. globulus</i>			<i>E. grandis</i>		
	Tiempo (semanas)								
	13	18	23	13	18	23	13	18	23
Sustrato 1 (S <sub>1</sub> )	8,04	9,15	11,72	12,76	14,3	18,82	17,97	19,64	29,46
S <sub>1</sub> + T. harzianum	5,05	5,09	7,66	8,39	14,17	16,19	17,78	20,26	24,38
Sustrato 2 (S <sub>2</sub> )	4,03	4,6	6,33	5,73	8,33	18,13	4,77	8,13	15,49
S <sub>2</sub> + T. harzianum	4,09	5,46	7,43	6,59	10,00	17,08	4,91	8,52	14,15

Estos valores refieren al peso de 30 plantines.

\* A partir de la 16ª semana se comenzó con el plan de fertilización vía riego.

#### *Pinus taeda*

Los plantines de S<sub>1</sub> fueron aproximadamente 100% más pesados que los de S<sub>2</sub> a lo largo de todo el ciclo. Hubo respuesta importante a la fertilización a lo largo del ciclo, siendo el incremento del 14% de 13 a 18 semanas y de 28% de 18 a 23 semanas para el S<sub>1</sub>. Para el S<sub>2</sub>, dichos incrementos fueron de 14% y 38%, respectivamente, en los dos momentos.

La presencia de *Trichoderma* no fue positiva en S<sub>1</sub>, pues se redujeron los valores de materia seca en 37% a las 13 semanas, 44% a las 18 y 35% a las 23 semanas. En S<sub>2</sub>,

luego de la fertilización se observó incrementos de 19% y 17% a las 18 y 23 semanas, respectivamente, cuando se inoculaba el sustrato con *Trichoderma*.

### *Eucalyptus globulus*

Los plantines creciendo en  $S_1$  a las 13 semanas tuvieron 123% más peso de la materia seca que los correspondientes al  $S_2$ . Sin embargo, en las sucesivas mediciones esta diferencia fue menor alcanzando a las 18 semanas el 42% y desapareciendo a las 23 semanas.

Luego de la fertilización a la semana 16, se produjo un incremento del 12% hasta la semana 18 y de 32% hasta la semana 23 en el  $S_1$ ; en el  $S_2$  los valores fueron de 45% y 118%, respectivamente.

El agregado de *Trichoderma* promovió una reducción de la materia seca de los plantines creciendo en  $S_1$ , tal como fue observado para el peso de la materia fresca. Esta reducción fue de 34% aproximadamente a las 13 semanas y 14% a las 23 semanas. La incorporación de *Trichoderma* en  $S_2$  fue positiva antes y después de la fertilización.

### *Eucalyptus grandis*

Se observó diferencias muy importantes a favor del  $S_1$  en el desarrollo de los plantines. Este sustrato fue 277% superior al  $S_2$  antes de incorporar el fertilizante. Luego de las 16 semanas, la ventaja de  $S_1$  sobre  $S_2$  fue de 142% a las 18 semanas y de 47% a las 23 semanas.

La respuesta a la fertilización fue muy significativa en el  $S_2$ , que incrementó la materia seca de los plantines un 70% desde la semana 13 a la 18 y 91% desde la 18 a la 23, en tanto que para el caso del  $S_1$ , los correspondientes incrementos fueron de 9% y 50% en los períodos indicados.

Para el caso de *E. grandis*, la incorporación de *Trichoderma* en los dos sustratos no tuvo incidencia de significación, ni antes ni después de la fertilización de la semana 16.

## **Evaluación de Diferentes Dosis de Fertilización en la Producción de Plantines de *Pinus taeda* Creciendo en Sustrato Colonizado por *Trichoderma harzianum***

Los resultados obtenidos para los diferentes parámetros evaluados en el del ensayo son resumidos en el Cuadro N° 7.

**Cuadro N° 7**  
**RESULTADOS DEL ENSAYO**

Parámetros	Diferencias significativas con y sin <i>Trichoderma harzianum</i> ( $p < 0.05$ )	Diferencias significativas entre tratamientos con <i>Trichoderma harzianum</i> ( $P < 0.05$ )	Modelo ajustado a $p < 0.05$
Altura	SI	NO	-----
Diámetro		SI	LINEAL
Peso fresco total		SI	CUADRÁTICO
Peso fresco parte aérea		SI	CUADRÁTICO
Peso fresco radicular		NO	-----
Peso seco total		SI	LINEAL
Peso seco parte aérea		SI	CUADRÁTICO
Peso seco radicular		NO	-----
N (%)	NO	SI	LINEAL
P (%) Muestreo 1		NO	-----
P (%) Muestreo 2		NO	-----
K (%)		SI	LINEAL
B ppm		NO	-----

Es posible observar que:

Hay diferencias estadísticamente significativas entre sustratos, siendo el Sustrato 1 (cáscara de pino compostado) el que presentó más altos recuentos de *Trichoderma*

La inoculación de sustrato previo a la siembra con *Trichoderma harzianum* tuvo efecto promotor en el crecimiento lo que se evidencia en todos los parámetros de calidad evaluados.

La dosis de fertilizante utilizada por la empresa conjuntamente con *Trichoderma harzianum* produjo mejor calidad de plántula que el tratamiento sin inocular.

Se desestima la incidencia de *Botrytis cinerea* en los plantines por ser muy baja su presencia.

Los plantines creciendo en sustrato colonizado por *Trichoderma harzianum* T1 a T4 presentan 15 % más de diámetro que los plantines creciendo en sustrato sin inocular.

Los plantines creciendo en sustrato colonizado por *Trichoderma harzianum* presentan 24 % más de altura que los plantines creciendo en sustrato sin inocular

Los plantines creciendo en sustrato colonizado por *Trichoderma harzianum* presentan 45 % más peso seco de parte aérea que los plantines creciendo en sustrato sin inocular.

Los plantines creciendo en sustrato colonizado por *Trichoderma harzianum* presentan 25 % más peso seco parte radicular que los plantines creciendo en sustrato sin inocular.

Los plantines creciendo en sustrato colonizado por *Trichoderma harzianum* presentan 38 % más peso seco total que los plantines creciendo en sustrato sin inocular.

Al comparar los tratamientos con diferentes dosis de P se aprecia que la concentración foliar es prácticamente constante.

Para el Boro se constata diferencias significativas entre el T0 y T1, lo que sugiere un efecto inmovilizador por parte de *Trichoderma*, aunque los valores de concentración foliar para todos los tratamientos son mayores que los rangos de referencia.

## CONCLUSIONES

Existieron diferencias significativas entre sustratos en recuentos de sobrevivencia para unidades formadoras de colonia de *Trichoderma*.

La inoculación de *Trichoderma harzianum* tuvo efecto promotor en el crecimiento lo que queda evidenciado en parámetros de calidad evaluados en los plantines forestales obtenidos.

Se desestimó la presencia de *Botrytis cinerea* en los plantines por ser muy baja su incidencia.

## REFERENCIAS

**Batista de Oliveira, M., 2001.** Regulamentacao para registro de biofungicidas no Brasil, Reuniao de controle biologico de fitopatogenos, Bento Gonзалves, RS. Anais, 2001.

**Cabrera, R. y Tejera, R., 2002.** Evaluación de diferentes dosis de fertilización en la Producción de plantines de *Eucalyptus grandis* creciendo en sustrato colonizado por *Trichoderma harzianum*. Montevideo. Facultad de Agronomía. Uruguay. 156 p.

**Cardenas, D., 2003.** Evaluación de calidad de plantines de *Eucalyptus globulus ssp. globulus*, *E. grandis* y *Pino taeda* con la incorporación de sustrato con *Trichoderma harzianum*. Montevideo. Facultad. de Agronomía. Uruguay 198 p.

**Del Pino, A., 1997.** Nutrición catiónica. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía 30 p.

**James, R. and Beall, K., 1999.** An evaluation of the effects of dazomet on soil-Bornediseases and conifer seedling production. USDA Forest Service, Luckey, Missoula, Montana. 15p.

**Lamondia, J.A. and Douglas, S.M., 1997.** Sensitivity of *Botrytis cinerea* from Connecticut greenhouses to Benzimidazole and Dicarboximide fungicides. Plant Disease 81:729.732.



**Lucon, C., Nascimento, L. y Correa, C., 2001.** Tratamiento en post-coleita de mamao, *Carica papaya*, com isolados de *Trichoderma sp.* Anais de Reuniao de Controle Biologico de fitopatogenos, Bento Goncalves, RS Brasil.

**Reyna, R., 2000.** Evaluación de métodos biológicos y químicos para el control de *Botrytis cinerea* en viveros de *Eucalyptus globulus ssp.globulus*. Montevideo. Facultad de Agronomia. Uruguay 70 p.

**Romero, G. y Cardenas, D., 2001.** Evaluacion de agente de biocontrol *Trichoderma harzianum* sobre *Botrytis cinerea* en producción de plantines de *Eucalyptus grandis*, *E. globulus* y *Pinus taeda*. VII Reuniao DE Controle Biologico de fitopatogenos, Bento Goncalves, RS, Brasil.





---

# EFECTO DE ONDAS SONICAS EN LA ACCIÓN DE TERMITAS SUBTERRÁNEAS SOBRE PIEZAS DE MADERA DE DIFERENTES ESCUADRÍAS

Alejandro Bozo González<sup>1</sup> y José Tomas Karsulovic C.<sup>2</sup>

## RESUMEN

La introducción accidental de la termita subterránea (*Reticulitermes sp.*) al territorio nacional, hace más de 15 años, esta ocasionando un problema que comienza lentamente a vislumbrarse. Estos insectos se alimentan fundamentalmente de celulosa y pueden llegar a ocasionar daños significativos en las construcciones. Esto puede ser una amenaza a las pretensiones de convertir a la madera, generada en el país, en la solución para el problema habitacional que se tiene hoy en día a nivel nacional. Los efectos de las termitas subterráneas se manifiestan diariamente en las comunas de la Región Metropolitana y desde algún tiempo han empezado a manifestarse en comunas de regiones vecinas (Valparaíso y O'Higgins).

El Departamento de Ingeniería de la Madera de la Universidad de Chile, ha desarrollado una línea de investigaciones tendiente a detectar y controlar la termita subterránea, utilizando técnicas no destructivas como son la aplicación de ondas sónicas y ultrasónicas. Los resultados presentados en este artículo se enmarcan en esta línea de investigación.

El objetivo de este estudio es determinar el efecto de ondas sónicas en el comportamiento de termitas subterráneas durante el proceso de infestación en el interior de piezas de madera de pino radiata (*Pinus radiata* D. Don) de diferentes escuadrías.

La metodología consistió básicamente en exponer a la acción de las termitas madera de pino radiata en escuadrías de 40 x 45 mm, 40 x 70 mm y 40 x 90 mm, en un largo de 200 mm y a un contenido de humedad de 12 %. Estas piezas fueron colocadas en contenedores de vidrio de 12 x 7 cm de base y 25 cm de altura, conformando cada una de ellas un mini termitero con 250 obreras y 15 individuos entre soldados y ninfas. Para el manejo del material biológico se siguió las prescripciones de la norma española UNE 56-410-92. Basándose en los resultados obtenidos en estudios previos se procedió a aplicar ondas sónicas en la parte superior de las piezas de madera. Cada ensayo se efectuó con tres repeticiones y un testigo. Los resultados registrados fueron la tasa de alimentación y la supervivencia de las termitas.

Los resultados revelan que existe una disminución de la tasa de alimentación con la aplicación de ondas sónicas para todas las escuadrías estudiadas.

**Palabras claves:** Termitas subterráneas, ondas sónicas, pino radiata.

---

1 Departamento de Ingeniería de la Madera, Facultad de Ciencias Forestales, Universidad de Chile. CHILE. abozo@uchile.cl

2 Departamento de Ingeniería de la Madera, Facultad de Ciencias Forestales, Universidad de Chile. CHILE. tkarsulo@uchile.cl

## EFFECT OF SONIC WAVES IN THE ACTION OF SUBTERRANEAN TERMITES ON PIECES OF WOOD OF DIFFERENT SIZES

### SUMMARY

The accidental introduction of the subterranean termite (*Reticulitermes sp.*) to the national territory, since 15 years, this causing a problem that slowly begins to glimpse. These insects feed fundamentally on cellulose and can get to cause significant damages in the constructions. This can be a threat to the pretensions to turn to the wood, generated in the country, in the solution for the housing problem that Chile has nowadays at national level. The effects of the subterranean termites are pronounced daily in the communes of the Metropolitan Region and from some time they have begun to pronounce in communes of neighboring regions (Valparaiso and O'Higgins).

The Department of Wood Engineering of the University of Chile has developed a line of nondestructive technical investigations to detect and control the subterranean termite using the application of sonic and ultrasonic waves. The results presented in this paper are framed in this line of investigation.

The Objective of this study is to determine the effect of sonic waves in the behavior of subterranean termites during the process of infestation inside wood pieces of Radiata Pine (*Pinus radiata* D. Don) of different size.

The methodology consisted basically of exposing to the action of the termites wood of Radiata Pine of following cross section: 40 x 45 mm; 40 x 70 mm and 40 x 90 mm in a length of 200 mm to a moisture content of 12 %. These pieces were placed in glass containers of 12 x 7 cm of base and 25 cm of height, conforming each one of them a mini termite nest with 250 workers and 15 individuals between soldiers and nymphs. For the handling of the bacteriological agents the prescriptions of the Spanish norm were followed UNE 56-410-92. Being based on the results obtained in previous studies it was come to apply sonic waves in the superior part of the wood pieces. Each test took place with three repetitions and a control. The registered results were the rate of feeding and the survival of the termites.

The results revealed that exist a diminution of the rate of feeding with the application of sonic waves for all wood sizes studied.

Key words: Subterranean termites, sonic waves, Radiata Pine

## INTRODUCCIÓN

Los resultados que se reportan aquí corresponden a una parte de una investigación que tiene por finalidad la aplicación de ondas sónicas para crear una barrera física a la acción de las termitas subterráneas en construcciones en madera. Si bien las termitas juegan un importante rol ecológico en la naturaleza, siendo la celulosa su principal fuente de alimentación, éstas constituyen un grave agente de deterioro para la madera en servicio.

Hasta hace algunos años en Chile existían solo dos familias de termitas, *Kalotermitidae* y *Termopsidae* agregándose, con la introducción de la termita subterránea, la familia *Rhinotermitidae* a la cual pertenece la especie *Reticulitermes flavipes* Kollar, identificada inicialmente en Chile como *Reticulitermes hesperus* Bank, la cual sería originaria de Estados Unidos e introducida en Chile en la década de los setenta. Es reconocido el hecho que las especies del género *Reticulitermes* son la mayor plaga que se encuentra infestando estructuras en madera en numerosos países del mundo, provocando cuantiosas pérdidas.

Se ha detectado en la zona central de Chile una vasta infestación, con un significativo incremento durante los últimos cinco años, corroborado por las numerosas denuncias de la presencia de termitas en viviendas, las cuales en su gran mayoría corresponden a construcciones destinadas a la habitación de personas de niveles sociales de menores recursos económicos, que son construidas íntegramente de madera las que son utilizadas sin ningún tipo de tratamiento de preservación y que no siguen además ninguna normativa de construcción.

La erradicación total de las termitas no es posible y los esfuerzos deben orientarse a controlar la existencia de la población de insectos y limitar o disminuir los riesgos a las construcciones, a través de la implementación de estrategias integradas de manejo de la plaga (Morris, 2000). Para un adecuado manejo de las termitas es necesario disponer de métodos de prevención y control. Para la prevención se utilizan diferentes técnicas, consistente en el establecimiento de barreras físicas y químicas. En general, el uso de barreras físicas está concebido para tratamientos de pre-construcción de una edificación (uso de arenas, mallas de acero, plásticos impregnados, etc.). Las barreras químicas se utilizan tanto como tratamientos preventivos como curativos en pre y post construcción y tienen por objetivo la exclusión de las termitas subterráneas de las estructuras.

Los métodos curativos consisten en la aplicación de tratamientos químicos y no químicos, como por ejemplo, la utilización de dióxido de carbono (Delate et al. 1995), aire caliente (Woodrow y Grace, 1998), nitrógeno líquido (Lewis 1997). Los tratamientos químicos en áreas localizadas consisten en la perforación y posterior inyección de insecticida en las galerías construidas por las termitas.

Para la aplicación de métodos curativos es necesario disponer de sistemas de inspección o detección de la actividad de las termitas en elementos en servicio. Para éste objetivo se ha desarrollado diferentes técnicas, tales como emisión acústica (Scheffranhm, 1993; Lemaster, 1997; Yanase, 1998; Mankin, 2002), ondas de esfuerzo (Ross et al. 1997; De Groot et al. 1998), ultrasonido (Wilcox, 1998), detección de gases que emiten las termitas durante su metabolismo (metano y dióxido de carbono), imágenes infrarrojas, microondas, rayos x, etc.



Este trabajo tiene la finalidad de efectuar un nuevo aporte a las técnicas ya existentes para el control de termitas. Se postula que las termitas pueden ser susceptibles a la acción de ondas mecánicas, a una determinada frecuencia e intensidad de irradiación, pudiendo ello producir alteraciones en sus mecanismos de comunicación, alimentación u otros cambios biofísicos y/o bioquímicos que ocasionen efectos inmediatos o mediatos en su comportamiento o sobrevivencia.

## **OBJETIVOS**

El objetivo general determinar el efecto de ondas acústicas sobre el comportamiento de termitas subterráneas durante el ataque de estas en madera de pino radiata de diferentes escuadrias.

Los objetivos específicos son determinar el efecto en la tasa de alimentación de las termitas subterráneas cuando están sometidas al efecto de ondas sónicas y evaluar la mortalidad de las termitas subterráneas sometidas al efecto de ondas sónicas durante un periodo de dos meses.

## **MATERIAL Y MÉTODO**

### **Recolección y Manutención de Termitas**

Las termitas utilizadas en los ensayos provinieron de una colonia ubicada en la parte central de la ciudad de Santiago. La captura se efectuó mediante cebos diseñados y construidos para éste efecto, utilizando tubos de PVC de 75 mm de diámetro y 250 mm de largo, rellenos con cartón corrugado como fuente de alimentación y tapados en ambos extremos. A los tubos se les practicaron ranuras de 5 mm de ancho a través de su periferia en dirección transversal para permitir la entrada de las termitas (Figura N° 1). Los cebos fueron enterrados en los lugares infestados durante un periodo de 20 días.



**Figura N° 1**  
**CEBOS DE CAPTURA**

Con las termitas capturadas, obreras y soldados, fueron establecidas cuatro colonias, las que fueron instaladas en una sala climatizada con ambiente controlado de temperatura, 24°C, y humedad relativa de 70% a 80%, de modo de otorgarle a los insectos las condiciones óptimas para su manutención y desarrollo.

La constitución de los termiteros se realizó mediante receptáculos de vidrio de 60 cm de longitud por 45 cm de ancho y 30 cm de alto, con tapa y orificio de aireación cubierto con rejilla metálica (Figura N° 2). En su interior se introdujo un sustrato formado de gravilla mezclada con tierra, arena de cuarzo y material inductor consistente de pequeños trozos de madera de pino radiata. Para mantener la humedad del sustrato se adicionó diariamente una cantidad de agua destilada. Como fuente de alimentación se instaló dentro de los termiteros paquetes de 10 tablillas de madera de pino radiata de 5 mm de espesor, 60 mm de ancho y 200 mm de largo, unidas entre sí con amarras de alambre de acero. De acuerdo a los requerimientos de los ensayos se fue extrayendo los paquetes y coleccionando las termitas en las cantidades necesarias, para luego retornar los paquetes al termitero.





Figura N° 2  
TERMITERO UTILIZADO EN LABORATORIO

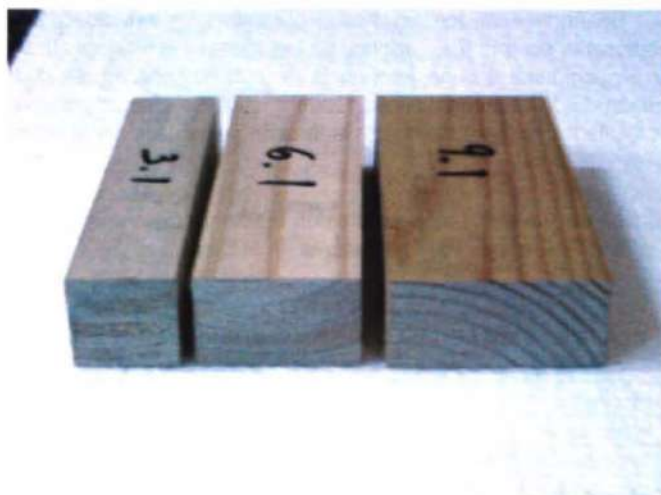
### Equipos y Accesorio

Generador de frecuencias (Agilent 33220A).  
Amplificador (Peavy cs 1200 X).  
Altavoces.  
Cámara climatizada.  
Balanza.

### Método

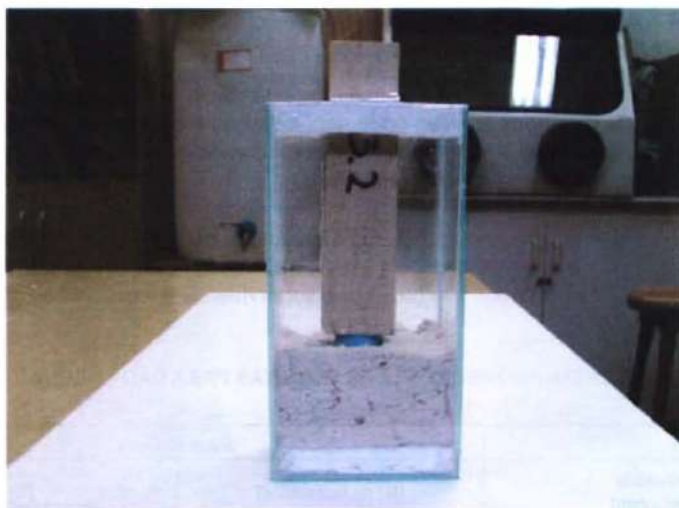
El método consistió básicamente en exponer a la acción de las termitas madera de pino radiata de las siguientes escuadrías: 40 x 45 mm, 40 x 70 mm y 40 x 90 mm, en un largo de 200 mm (Figura N° 3) a un contenido de humedad de 12 %.





**Figura N° 3**  
**PIEZAS DE MADERA DE DIFERENTES ESCUADRÍAS**

Estas piezas fueron colocadas en contenedores de vidrio de 12 x 7 cm de base y 25 cm de altura (Figura N° 4), conformando cada una de ellas un mini termitero con 250 obreras y 15 individuos entre soldados y ninfas.



**Figura N° 4**  
**MINI TERMITERO DISEÑADO PARA LA REALIZACIÓN DE LOS ENSAYOS**

Para el manejo del material biológico se siguió las prescripciones de la norma española

UNE 56-410-92. Basándose en los resultados obtenidos en estudios previos se procedió a aplicar ondas sónicas en la parte superior de las piezas de madera. Las ondas sónicas aplicadas fueron sinusoidales de una frecuencia de 200 Hz, una amplitud de 1.5 Vpp y un tiempo de aplicación de 30 minutos diarios. Cada ensayo se efectuó con tres repeticiones y un testigo. Los resultados registrados fueron la tasa de alimentación y la sobrevivencia de las termitas.

La evaluación de los resultados se efectuó mediante un análisis cualitativo, según lo establecido por la Norma Europea EN 118 descrita en el Cuadro N° 1.

**Cuadro N° 1**  
**CLASIFICACIÓN DEL ATAQUE SEGÚN INTENSIDAD DEL DAÑO**

Grado de Ataque	Descripción
0	Ningún ataque
1	Tentativa de ataque: Arañazos o roeduras superficiales cuya profundidad no se puede medir.
2	Ataque ligero: Ataque superficial (menos de 1 mm) y limitado en extensión a 1/4 de la superficie expuesta como máximo, o una perforación única de profundidad inferior a 3 mm, sin que exista otra tasa de ataque.
3	Ataque medio: Ataque superficial (menos de 1 mm) que se extiende a más de 1/4 de la superficie expuesta o erosión (de 1 a 3 mm) sobre una superficie inferior o igual a 1/4 de la expuesta o perforaciones puntuales superiores a 3 mm, pero que no se extiendan en cavernas o no atraviesen.
4	Ataque fuerte: Erosión sobre más de 1/4 de la superficie expuesta o ataque penetrante superior a 3 mm extendiéndose en cavernas en el interior de la probeta o sin extenderse en cavernas, pero atravesándola.

Fuente: Norma Europea EN 118, 1992.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados de estos ensayos permitieron cuantificar el porcentaje de supervivencia y evaluar el efecto de las ondas sónicas en la capacidad de alimentación de las termitas. En el Cuadro N° 2 se presentan los porcentajes de sobrevivencia promedio para las distintas escuadrias utilizadas y para las probetas testigos.

La Norma EN 118 fija como válidos los ensayos en que dos de tres testigos alcanzan una supervivencia mayor a un 50% de los individuos. Lo que en este ensayo fue logrado, puesto que en las termitas testigos se obtuvo una supervivencia promedio de 64%.

**Cuadro N° 2**  
**SUPERVIVENCIA PROMEDIO DE LAS TERMITAS PARA CADA ESCUADRÍA**

Escuadria [mm x mm]	Supervivencia	
	(N° de Individuos)	(%)
40 x 45	137	54,8
40 x 70	132	52,8
40 x 90	139	55,6
Testigos	160	64,0

Para las tres escuadrías la supervivencia fue muy similar y siempre superior al 50%, el ataque a la madera correspondió a un ataque fuerte como se puede apreciar en el Cuadro N° 3 donde se presenta los grados de ataque promedio sufrido por las probetas según Norma EN 118.

**Cuadro N° 3**  
**GRADO DE ATAQUE PROMEDIO SUFRIDO POR LAS PROBETAS SEGÚN NORMA EN 118**

Escuadría [mm x mm]	Grado de ataque
40 x 45	4
40 x 70	4
40 x 90	4
Testigos	4

La supervivencia de las diferentes escuadrías fue menor al testigo en casi 10 puntos porcentuales por lo cual es posible deducir decir que esto se debe a la aplicación de las ondas sónicas. Sin embargo, la reducción en la supervivencia no es tan significativa y puede deberse a la interacción de diferentes factores.

Testimonios gráficos del ataque en las diferentes escuadrías pueden ser observados en las imágenes mostradas en la Figura N° 5.

En el Cuadro N° 4 se presenta los resultados del grado de alimentación de las termitas después de irradiación, expresados como consumo de alimento, asociados a cada escuadría. Los valores corresponden a cifras promedio para cada uno de los tratamientos, con tres repeticiones.



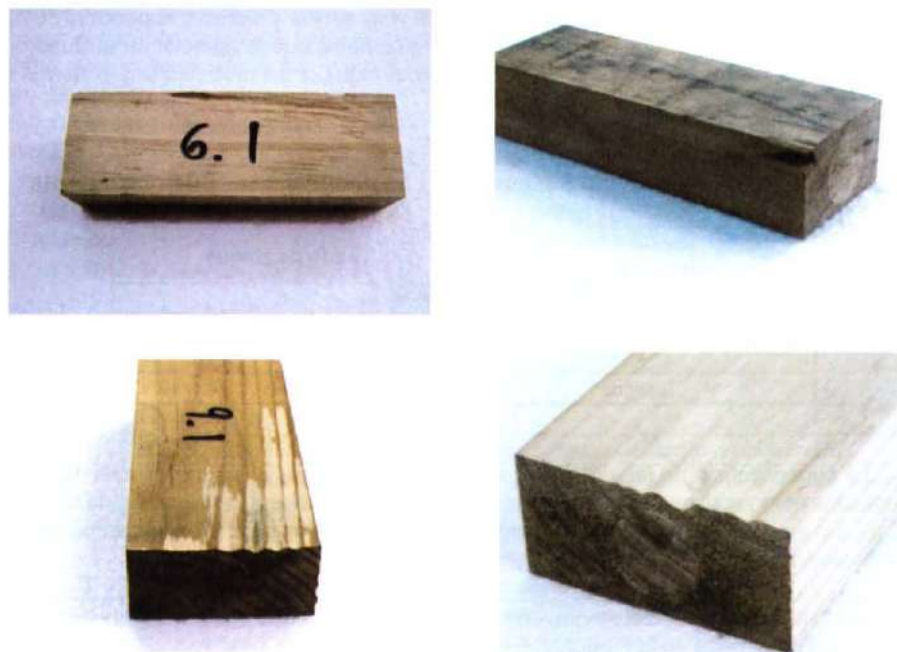


Figura N° 5  
EFECTO DE LA ACCIÓN DE LAS TERMITAS EN LAS DIFERENTES ESCUADRÍAS

Cuadro N° 4  
CONSUMO DE ALIMENTO, SEGÚN ESCUADRÍA

Escuadría (mm x mm)	Estadigrafos	Consumo de Alimento (g)
40 x 45	Media	0,981
	Des. Estándar	0,166
	COV %	16,92
40 x 70	Media	1,021
	Des. Estándar	0,090
	COV %	8,81
40 x 90	Media	1,521
	Des. Estándar	0,109
	COV %	7,17

En el Cuadro N° 5 se presenta los resultados del consumo de alimento de los testigos, para cada una de las repeticiones. Cabe hacer notar que el COV de los testigos es claramente mayor (29,3 %) que los presentados en la tasa de alimentación de las distintas escudrías (11 % promedio).

**Cuadro N° 5**  
**CONSUMO DE ALIMENTO DE TERMITAS TESTIGO**

Repetición	Consumo de Alimento ( g )
1	1,168
2	1,561
3	2,110
Media	1,613
Des. Estándar	0,473
COV ( % )	29,3

## CONCLUSIONES

Los ensayos sónicos mostraron claras evidencias que la irradiación para las tres escuadrías constituye una alteración en la tasa de alimentación de las termitas.

Los resultados revelaron que existe una disminución de la tasa de alimentación con la aplicación de ondas sónicas para todas las escuadrías estudiadas.

La tasa de supervivencia de las termitas sometidas a irradiación sónica es más baja que los testigos, debido muy probablemente al efecto de las ondas sónicas aplicadas.

El COV de la supervivencia fue claramente más alto para los testigos que para las termitas sometidas a irradiación sónica.

A la luz de los resultados obtenidos se concluye que es necesario realizar un mayor número de ensayos utilizando otras frecuencias y amplitudes.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a FONDECYT por el financiamiento del Proyecto N°1040726, en cuyo contexto se realizó éste estudio.

## REFERENCIAS

**De Groot, RC., Ross, RJ. & Nelson, WT., 1998.** Non-destructive assessment of wood decay and termite attack in southern pine sapwood. Wood Protection 3: 25-34.

**Delate, KM., Grace, FK. & Armstrong, JW., 1995.** Carbon dioxide as a potential fumigant for termite control. Pesticide Science 44: 357-361.

**Lemaster, R.I., Beall, F.C. and Lewis, V.R., 1997.** Detection of termites with acoustic emission. For. Prod. J.47:75 –79



- Lewis, VR., 1997. Alternative control strategies for termites. *Journal of Agricultural Entomology* 14: 291-307.
- Mankin, RW, Osbrink, WL., O FM & Anderson, JB., 2002. Acoustic detection of termite infestations in urban trees. *Journal Economique Entomology* 95: 981-988.
- Morris, Pl., 2000. Integrated control of subterranean termites: The 65 approach group leader-Durability and protection group. Forintek, Canada Corporation, Vancouver.
- Ross, RJ., De Groot, RC., Nelson, WJ. & Le Bow, PK., 1997. The relationship between stress wave transmission characteristics and the compressive strength of biologically degraded woods. *Forest Products Journal* 47: 89-93.
- Scheffrahn, RH., Robbins, WP., Busey, P., Su, NY. & Mueller, RK., 1993. Evaluation of a novel hand-held, acoustic emissions detector to monitor termites (*Isoptera: Rkalotermitidae, Rhinotermitidae*) in wood. *Journal of Economic Entomology* 86: 1720-1729.
- Wilcox, W. and Wayne., 1988. Detection of early stages of wood decay with ultrasonic pulse velocity. *Forest Prod. I.*, 38(5): 68-73
- Woodrow, RJ. & Grace, JK., 1998. Thermal tolerances of four termites species (*Isoptera: Rhinotermitidae, Kalotermitidae*). *Sociobiology* 32: 17-25.
- Yanase, Y., Fuji, Y., Okumura, Y. Imamura, T. & Yoshimura, T., 1998. Detection of AE generated by the feeding activity of termites using PDVF. *Forest Product Journal* 48: 43-46.

---

# DETECCIÓN DE PLAGAS FORESTALES EN EL BOSQUE TEMPLADO DEL NORESTE DE MÉXICO MEDIANTE IMÁGENES SATELITALES DE ALTA RESOLUCIÓN

Eduardo Treviño<sup>1</sup>, Gerardo Cuellar<sup>2</sup>, Oscar Aguirre<sup>3</sup> y Javier Jiménez<sup>4</sup>

## RESUMEN

La incidencia y dispersión de plagas forestales en los bosques templados es favorecida por fenómenos naturales, como son las sequías y los incendios. El desequilibrio causado por estos fenómenos produce las condiciones necesarias para el ataque de insectos. Los patrones de distribución de las plagas tienen una naturaleza espacial y hacen necesaria su cartografía y monitoreo para tomar las medidas necesarias para su control. El uso de la percepción remota hace posible evaluar los cambios cuantitativos y cualitativos de la vegetación.

El objetivo de este trabajo fue detectar y cuantificar las áreas afectadas por descortezadores y otras plagas forestales en masas arboladas de la Sierra Madre Oriental del noreste de México, utilizando el procesamiento digital de imágenes y validando los resultados con información levantada en campo.

Se realizó un vuelo en helicóptero para localizar de manera visual los focos de infección de las plagas, los sitios detectados fueron utilizados como referencia para el procesamiento de interpretación de las imágenes de satélite. La información se apoyó en la contenida en las cartas de vegetación producidas por el inventario forestal. Se preparó mapas para la planeación de las visitas en campo, las cuales fueron realizadas a las áreas forestales infectadas detectadas. Durante la visita de campo se recolectó los insectos hospedados en los árboles infectados. De la misma manera se tomó parámetros dasométricos para el posterior análisis de las comunidades vegetales. Se registró de la misma manera las coordenadas de los sitios visitados. Como resultado se obtuvo la caracterización dasométrica de las áreas infectadas y se analizó el comportamiento espacial de las plagas forestales detectadas en la Sierra Madre Oriental en el sur de Nuevo León.

Palabras clave: Plagas forestales, imágenes de alta resolución, QuickBird, México

---

1 Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma de Nuevo León, México, [etrevin@fcf.uanl.mx](mailto:etrevin@fcf.uanl.mx)

2 [gcullar@fcf.uanl.mx](mailto:gcullar@fcf.uanl.mx)

3 [oaguirre1@prodigy.net.mx](mailto:oaguirre1@prodigy.net.mx)

4 [jjimenez20@prodigy.net.mx](mailto:jjimenez20@prodigy.net.mx)

## DETECTION OF FOREST PLAGUES IN THE TEMPERATE FORESTS IN THE NORTHEAST OF MEXICO USING HIGH RESOLUTION SATELLITE IMAGES

### SUMMARY

The incidence and dispersion of forest plagues in the temperate forests are favored by natural phenomena, like droughts and fires. The imbalance caused by these phenomena produces the necessary conditions for the insects attack. The distribution patterns of the plagues have an especial nature and to take the measures for their control is necessary their cartography and monitoring. The use of the satellite remote sensing makes possible to evaluate the quantitative and qualitative changes of the vegetation.

The objective of this work was to detect and to quantify the affected areas by bark beetles and other forest plagues in forest of the Sierra Madre Oriental in the northeast of Mexico using the digital processing of satellite images, validating the results with field information.

A flight in helicopter was carried out to find the focuses of infection of the plagues; the detected places were used as a reference for the interpretation processing of the satellite images. Forest maps were prepared for planning the field work, in which infected forest areas were detected. During the field work the insects were collected from the infected trees. Tree parameters were measure for the analysis of the vegetation community. In each sampling plot the coordinates were registered. As results the tree characterization of the infected areas were obtained and the space behavior of the forest plagues was analyzed.

Key words: Forest plague, high resolution satellite images, QuickBird, Mexico



## INTRODUCCIÓN

El manejo forestal involucra mantener el bosque en condiciones apropiadas para su desarrollo óptimo, que permita cosechar bienes tangible, como madera y otros productos forestales, así como obtener los servicios ambientales, como captura de carbono y producción de agua. Los bosques están expuestos a diversas plagas y enfermedades forestales de manera natural. En áreas subtropicales los periodos de sequía no solo incrementan el peligro de incendios forestales, sino que favorecen el ataque de insectos a los individuos debilitados por el estrés hídrico.

Los patrones de infestación de las plagas de insectos se manifiestan en las copas de los árboles al mostrar este amarillamiento. Por lo general estas infestaciones provocan claros en el dosel del bosque.

El uso de fotografías aéreas se ha empleado en el manejo forestal en general y en la patología forestal en particular para analizar los patrones de distribución de las comunidades vegetales y de su condición sanitaria, utilizando para ese efecto fotografías aéreas infrarrojas, con las cuales es posible determinar patrones de infestación del arbolado expresados en alternaciones en la reflectancia del follaje.

La naturaleza multispectral de las imágenes de satélite permite de la misma manera detectar cambios en la reflexión de la cubierta vegetal a nivel comunidad, sin embargo dada la baja resolución espacial que presentaban no era posible determinar afectaciones a nivel puntual en árboles individuales.

Las infestaciones de barrenadores en los bosques mixtos pino encino del noreste de México se presentan en su etapa inicial afectando pocos individuos. Con la disponibilidad actual de imágenes de alta resolución proporcionadas por el satélite QuickBird se plantea como posible el evaluar datos individuales de las copas de los árboles

## OBJETIVOS

El objetivo de este trabajo fue detectar y cuantificar las áreas afectadas por descortezadores y otras plagas forestales en masas arboladas de la Sierra Madre Oriental del noreste de México, utilizando el procesamiento digital de imágenes y validando los resultados con información levantada en campo.

## ANTECEDENTES GENERALES

La patología forestal implica de manera directa el ser observada, desde una perspectiva de paisaje, a causa de que los organismos patógenos que afectan al arbolado se propagan de acuerdo a patrones espaciales heterogéneos de flujo y aislamiento (Holdenrieder *et al.*, 2004).

La infestación de algunas plagas forestales se manifiesta con la afectación del follaje que en una primera etapa no es detectable a simple vista, cuando se presenta el amarillamiento

del mismo la muerte del árbol ha sucedido o es inminente.

En el caso de los insectos barrenadores de la corteza, los eventos de sequía extrema o el estrés causado por incendios forestales son las causas que provocan la infestación, hecho que ha sido analizado en Estados Unidos (Gibson, 2004, Breshears *et al.* 2005), aunque las causas que propician la dispersión de la plaga dentro del bosque tienden a diferir de las que la provocan, en la mayoría de los casos es atribuible a la dirección y fuerza de los vientos.

Con disponibilidad a partir de 1998 de imágenes con resolución de 1 m se ha posibilitado la diferenciación de clases de edades dentro del bosque (Franklin *et al.*, 2001) y la separación de especies (Masato, 2004).

## MATERIAL Y MÉTODO

Nuevo León, situado en el noreste de México, cuenta con una superficie que corresponde al 3.3% del país. Un 18.5 % tiene vocación forestal maderable de la cual la mitad se concentra en los mezquitales y la mitad corresponde a bosques templados. De esta área solo el 6% se encuentra sujeto a actividades forestales comerciales. La distribución de los bosques en un área subtropical como Nuevo León obedece en general a una distribución altitudinal, en general los bosques son mixtos de pino-encino, en diferentes proporciones de mezcla y las masas puras de coníferas se restringen a pequeñas superficies, que si son comparadas con los bosques de esta región son de baja productividad, lo cual obedece en general a cuestiones climáticas y a fuertes disturbio, como son la ganadería extensiva y los incendios recurrentes. El estrés de los bosques causado por las sequías y los incendios recurrentes provocan el que ejemplares se vean afectados por plagas forestales.

El estado de Nuevo León esta situado en el noreste de la República Mexicana, entre los paralelos 27° 48' y 23° 09' de Latitud Norte y los meridianos 98° 26' y 101° 13' de Longitud Oeste . (SEP, 1997). La mayor parte del estado se encuentra dentro de los climas considerados secos y semisecos, la región es considerada con temperaturas promedio altas, oscilación mensual y diaria muy extremas y en invierno la región es influenciada por masas de aire polar continental que provocan descensos de temperatura abruptos acompañados por niebla, nublados fuertes y lluvia ligera. La lluvia se presenta en los meses de septiembre y octubre (verano), el porcentaje de lluvia invernal es reducido.

Para localizar de manera visual los focos de infección de las plagas se realizó un vuelo en helicóptero, los sitios detectados fueron utilizados como referencia para el procesamiento de interpretación de las imágenes de satélite. Se contó con un juego de imágenes de satélite SPOT del año 2004 para toda la región del estado. Se seleccionó un área piloto en la cual fue tomada una imagen QuickBird, en septiembre de 2005.

La información se apoyo en la contenida en las cartas de vegetación producidas por el inventario forestal. Se preparó mapas para la planeación de las visitas en campo a las áreas forestales infectadas detectadas. Durante la visita de campo, se evaluó sitios circulares tomando como centro el árbol infestado en donde se registró diámetro, altura total del árbol, altura del

fuste limpio y dos diámetros de copa. Se tomó nota de las coordenadas de los sitios visitados, así como de otras generalidades del cada uno de los sitios, como pendiente, pedregosidad, exposición, altitud y alteraciones del medio ambiente como incendios o la presencia de ganado, etc.

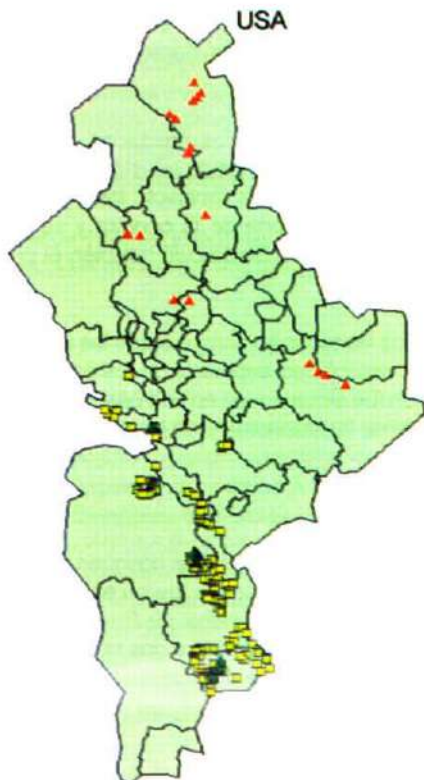
La condición sanitaria de los árboles afectados fue detectada con la presencia de grumos en el fuste los cuales son indicadores de infestación, la fase de infestación se determinó considerando la coloración del grumo, se recolectó los insectos hospedados en los árboles infectados para lo cual se removió parte de la corteza y se colectó de 10 a 15 ejemplares de larvas y adultos (20 a 30 en total). Se calculó también el porcentaje de follaje de la copa afectado para cada ejemplar.

Se desplegó los sitios visitados en campo sobre las imágenes de satélite con la finalidad de tratar de determinar la variabilidad espectral de los árboles infestados con respecto a su entorno. Toda la información fue almacenada en una base de datos georeferenciada y se analizó la información para determinar las prioridades de manejo de la plaga en las áreas afectadas.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En total fueron visitados 220 sitios; 162 de bosques templados y 58 de mezquiales. Las especies arboréas dominantes en los bosques fueron en su mayoría pertenecientes al género *Pinus*, encontrándose infestaciones en 75 sitios de *P. pseudostrobus*, en 54 de *P. cembroides*, y en 29 de *P. teocote*, de igual forma se encontró dos sitios en donde la especie hospedera era *Abies religiosa* y dos en que lo era *Carya mexicana*.





**Figura N° 1**  
**UBICACIÓN DE LOS SITIOS DE COLECTA**  
**LOS PUNTOS ROJOS INDICAN ÁREAS DE MEZQUITALES**  
**LOS PUNTOS AMARILLOS Y VERDES ÁREAS DE BOSQUE TEMPLADO**

La densidad del arbolado se encontró en un rango entre 70 y 600 árboles por hectárea, encontrándose en promedio entre 5 y 7 árboles infestados por sitio. El diámetro promedio de los árboles en donde se presentó la infestación varió de 25,3 en los bosques de *P. cembroides* a 32,5 en los de *Abies religiosa*, considerando un promedio de 30 cm. La altura promedio del arbolado fue de 15 m.

La ubicación de los sitios fue empleada para hacer el análisis de las firmas espectrales en la imagen SPOT y QuickBird. En ambas existieron dificultades para determinar de manera exacta la respuesta de los árboles al estrés. En cuanto a la naturaleza con la que se presentan las infestaciones afectando pocos árboles en las imágenes SPOT, la resolución de 10 m impidió discriminar de manera exacta los árboles afectados. Con las imágenes QB la mejor resolución espectral permite discriminar árboles individuales, con lo que fue posible separar los árboles infestados.

La base de datos georeferenciada permitió manejar la información para realizar el análisis considerando variables topográficas, además de las levantadas en el trabajo de campo, la Figura N° 3 muestra una consulta de la información de un sitio.

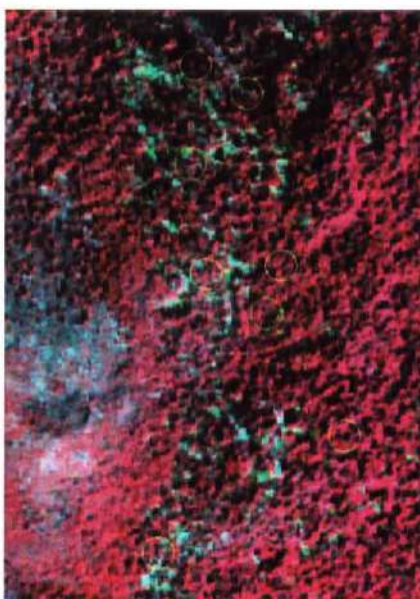


Figura N° 2

IMAGEN QUICKBIRD MOSTRANDO EN LOS CÍRCULOS AMARILLOS LOS SITIOS MUESTREADOS.

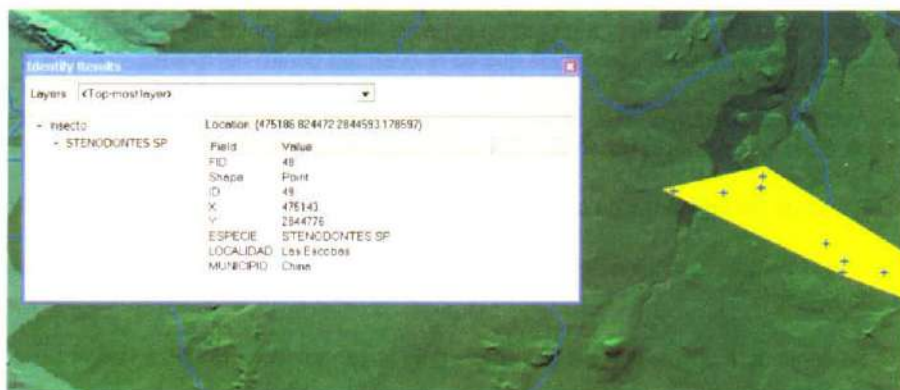


Figura N° 3

CONSULTA DE LA INFORMACIÓN DE UN SITIO DE MUESTREO, LAS PUNTOS EN FORMA DE CRUZ REPRESENTAN LOS SITIOS

El análisis espacial de las características de las infestaciones permitió priorizar las acciones a realizar para el saneamiento de las áreas afectadas, se unió los puntos con afinidades espaciales y características biológicas similares, para formar polígonos, los cuales se presentan en la Figura N° 4, en color rojo las zonas con mayor prioridad y en amarillo y verde las de mediana y baja prioridad, respectivamente.

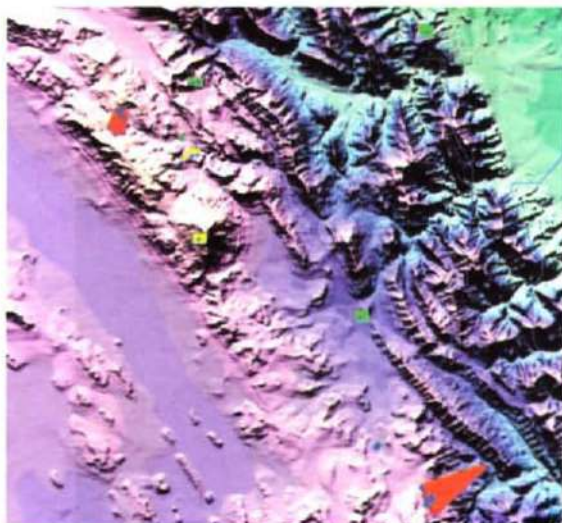


Figura N° 3  
PRIORIDADES DE SANEAMIENTO PARA ÁREAS AFECTADAS

## CONCLUSIONES

Las infestaciones no tienen un patrón espacial definido dentro del rodal, afecta tanto a árboles en el límite del rodal, como a los que se encuentran dentro del mismo.

Afecta en su mayoría a árboles maduros y con diámetros superiores a 30 cm, restringiéndose las infestaciones en un 15% a dimensiones menores.

El uso de las imágenes de satélite permitió optimizar las actividades en campo.

El uso para la detección directa de las infestaciones se vio limitado por la naturaleza propia de la plaga.

Se continuará aplicando esta tecnología bajo otras metodologías para validar el uso de la misma en la detección de plagas.

---

## REFERENCIAS

- Holdenrieder, Tomar; Pautaos, Marco; Weisberg, Peter J. and David Lonsdale, 2004.** Tree diseases and landscape processes: the challenge of landscape pathology. *Trends in Ecology and Evolution* Vol.19 No.8 August 2004, p 446-452.
- Mc Dougall, K. L.; Hobbs, R. J. and G. E. St J. Hardy., 2005.** Distribution of understorey species in forest affected by *Phytophthora cinnamomi* in south-western Western Australia, *Australian Journal of Botany* 53(8) 813-819
- Worrall, James J., D. Lee Thomas and Thomas, C. Harrington, 2004.** Forest dynamics and agents that initiate and expand canopy gaps in *Picea*-*Abies* forests of Crawford Notch, New Hampshire, USA *Journal of Ecology*. Volume 93, P 178 -
- Gibson, Ken, 2004.** Bark Beetle Conditions Northern Region. En línea Agosto 2006: <http://www.fs.fed.us/r1-r4/spf/fhp/publications/byregion/bbcond04.pdf>
- Sturdevant, Nancy and Sandra, Kegley, 2006.** Mapping Mountain Pine Beetle and White Pine Blister Rust in White Bark Pine on the Helena National Forest. Numbered Report 06-05 USDA Forest Service, Forest Health Protection. En línea agosto 2006: [http://www.fs.fed.us/r1-r4/spf/fhp/publications/bystate/R1Pub06-05\\_Mapping\\_MPB\\_WPBrust\\_WBP.pdf](http://www.fs.fed.us/r1-r4/spf/fhp/publications/bystate/R1Pub06-05_Mapping_MPB_WPBrust_WBP.pdf)
- Franklin, S. E.; Wulder, M. A. y G. R. Gerylo, 2001.** Texture Analysis of IKONOS Panchromatic Data for Douglas-fir forest age class separability in British Columbia, *International journal of remote sensing* Vol. 22 num.13/pp 2627-2632.
- Masato, Katoh, 2004.** Classifying tree species in a northern mixed forest using high-resolution IKONOS data *Journal of Forest Research* Volume 9, number 1, pp 7-14 Publisher: Springer-Verlag.
- SEP, 1997.** Secretaría de Educación Pública Nuevo León, Monografía estatal, México. D. F. 220 p.







---

## **FACTIBILIDAD DE USO DE FRUTALES DE MADERAS VALIOSAS EN SISTEMAS AGROFORESTALES.**

Verónica Loewe M. Ingeniero Forestal  
Instituto Forestal, Sede Metropolitana. Sucre 2397, Ñuñoa, Santiago. vloewe@infor.cl

---

### **RESUMEN**

La utilización de especies no tradicionales para producir madera de alto valor, especialmente frutales, constituye una alternativa factible de ser incorporada a los sistemas productivos tradicionales. Se trata de especies conocidas y difundidas, de interés agrícola y forestal, que producen fruta apreciada y madera de alto valor requerida para instrumentos musicales, ebanistería, muebles de estilo y objetos artesanales, siendo maderas muy cotizadas en Europa, con mercados exclusivos desde hace varios siglos.

Dado que se trata de especies frutales por excelencia, la incorporación de la componente forestal dentro del sistema agrícola se presenta como un complemento interesante a la actividad económica predial, sobretodo para los pequeños y medianos propietarios y campesinos, y creando valor adicional al productor de frutales.

## **FEASIBILITY OF USING HIGH VALUE TIMBER FRUIT SPECIES IN AGROFORESTRY SYSTEMS**

### **SUMMARY**

The utilization of non traditional species to produce high value timber, especially fruit-bearing species, constitutes a feasible alternative to be incorporated into the productive traditional systems. These are well-known and spread species, of agricultural and forest interest that can produce valued fruit and high value timber demanded for musical instruments, cabinet-making, style furniture and handcrafted objects, whose timbers are highly demanded in Europe, with exclusive markets since several centuries ago.

Since these species are famous for its fruit production, the incorporation of the forest component inside the agricultural system appears as an interesting complement to the economic property activity, especially for small and medium owners and peasants, and adds additional value to the fruit grower.



## LA DIVERSIFICACIÓN DE LA FRUTICULTURA CHILENA

La superficie con frutales ha venido aumentando hasta llegar, el año 2003, a 217.742 ha, con un crecimiento cercano al 486% en relación al año base (1972), en que la superficie plantada con frutales era de 37.145 ha. Los rubros más dinámicos en aumento de superficie y que han contribuido a esta expansión frutícola han sido la uva de mesa, manzanos, ciruelos y paltos, con una superficie actual de 44.458; 37.782; 13.496; y 21.208 ha, respectivamente (ODEPA Central). No obstante lo anterior, en los últimos años la velocidad de expansión de la superficie plantada de frutales ha bajado considerablemente (entre el 2000 y 2003 la superficie frutal total subió de 208.841 a 217.742 ha). Por otra parte, hay rubros que se han mantenido en este período, como almendros, ciruelo japonés y durazno para fresco; y otros que han bajado su superficie, como damascos, naranjos, perales y kiwis. Con relación a otras especies, destaca el incremento de la superficie en cultivos de arándano, ciruelo europeo, olivo y palto, que están compensando la superficie de los rubros que han disminuido.

Con ello se verificó un cambio en la superficie sembrada de cultivos y plantada de frutales: mientras la primera disminuyó en un 56%, la superficie plantada de frutales aumentó un 400%. Si se considera el supuesto de que aquellas superficies que se dejó de cultivar se fueron utilizadas en plantación de frutales y que otra parte no se cultivo ni plantó, la Tasa de Sustitución sería de 4, vale decir, por cada hectárea que se planto con frutales se dejó de cultivar 4 ha de cultivos anuales.

Existen además dos elementos que han contribuido a la expansión frutícola del país; la política económica adoptada en los 80', que desincentivó la producción nacional de sustitución de importaciones, fundamentalmente industrial; el producto de la formación de capital interno se concentró en la inversión en rubros en los que la producción nacional presentaba ventajas comparativas a nivel internacional (minería, agricultura, bosques y pesca). Lo anterior se conjugó con la apertura a la inversión agrícola moderna, que significó la ruptura del latifundio, atrayendo al sector inversionistas (Coydan *et al.*, sf).

Este impulso al crecimiento frutícola también se debió al crecimiento de la demanda externa, determinado por la consolidación de nuevos mercados para bienes agropecuarios y la mayor rentabilidad del sector ocasionada por precios internacionales en alza y un tipo de cambio favorable.

## EL USO FORESTAL DE ESPECIES FRUTALES

El concepto del alto valor está ligado a la especie y a la calidad de su madera, existiendo diferentes categorías (Loewe, 2007):

**Especies Tradicionales:** Son las más plantadas (pinos, eucaliptos y álamos) y se cultivan intensivamente. El negocio se basa en la producción de grandes volúmenes, ya que las ganancias por unidad son reducidas.

**Especies de Alto Valor:** Grupo más reducido, cuyas maderas, si cumplen con los requisitos del mercado, alcanzan precios superiores a los de la categoría anterior. Entre ellas están castaño (*Castanea sativa*), cerezo americano (*Prunus serotina*), nogal negro (*Juglans nigra*), tulipero (*Liriodendron tulipifera*), fresno (*Fraxinus excelsior*), robles americanos (rojos y blancos) (*Quercus* spp.), olmo (*Ulmus* sp.), aliso rojo (*Alnus rubra*), Blackwood o aroma australiano (*Acacia melanoxylon*), liquidambar (*Liquidambar styraciflua*), tilo (*Tilia cordata*), abedul (*Betula* spp.) y otras latifoliadas. También algunas coníferas, como ciprés (*Cupressus sempervirens*, *C. torulosa*), alerce europeo (*Larix decidua*), pino oregón (*Pseudotsuga menziesii*) y sequoia (*Sequoia sempervirens*).

**Especies Nobles:** Corresponden a algunas latifoliadas, también llamadas "menores" porque en forma natural no forman bosques puros. Entre ellas se encuentran nogal común (*Juglans regia*), cerezo común (*Prunus avium*), arce (*Acer pseudoplatanus*), y algunos encinos (*Quercus* spp.). Si su madera es de calidad alcanza valores elevados y se destina a usos nobles (muebles de calidad, chapas decorativas, ebanistería) de exigentes consumidores con elevado poder adquisitivo. Varios proyectos desarrollados han generado información interesante sobre estas especies (Loewe y González, 2006).

**Especies de Elite o de Micronichos:** Corresponde a un reducido grupo de especies latifoliadas, algunas frutales, cuya madera de calidad es cotizada para elaborar instrumentos musicales, ebanistería y algunos usos específicos. Se incluyen peral (*Pyrus communis*), manzano (*Malus domestica*), ciruelo (*Prunus domestica*), naranjo (*Citrus aurantium*), limón (*Citrus limon*), almendro (*Prunus amygdalus*), serbal o ciavardello (*Sorbus torminalis*), y otras. En el caso de las especies frutales existe la posibilidad de producir al mismo tiempo madera y fruta de calidad si se aplica técnicas adecuadas, como el injerto alto.

El cultivo de especies de los últimos tres grupos, si se hace bien, proporciona ingresos mayores, pero requiere mayores conocimientos. Este trabajo está centrado en este último grupo de especies, tanto por su interés y valor, como por el escaso conocimiento en el país sobre estas alternativas.

En el año 2000 se instauró en Europa la política conocida como Agenda 2000 (Reglamento 1257/99), por medio de la cual se estableció subsidios; adicionalmente a éstos, pueden existir otros subsidios a nivel nacional (Falcioni, 1999). El objetivo de dicho reglamento es estimular un desarrollo rural sustentable, lo que se decidió en el marco de una estrategia europea de orientar la producción hacia productos de alto valor, y que coincide con las estrategias de los países industrializados. En este sentido resalta que la producción de productos masivos o *commodities* (pulpa, astillas, etc.) se ha ido concentrando a escala mundial en los países subdesarrollados o en vías de desarrollo.

El subsidio considera el total de los costos de la plantación de especies de alto valor, un monto anual por hectárea destinado a cubrir por un periodo de hasta 5 años los costos de mantención; y un monto anual por hectárea destinado a compensar las pérdidas del ingreso no percibido de la actividad agrícola por efecto de la forestación y por un periodo de hasta 20 años (Gazzetta, 1999).



En particular se prevé un subsidio por la forestación de tierras agrícolas de hasta € 725/ha para agricultores o asociaciones de agricultores, y € 185/ha para personas de derecho privado; montos entre € 40 y 120/ha para mantener o mejorar la estabilidad ecológica de los bosques o reconstituir bosques dañados en zonas cuya función de protección y ecológica es de interés público (Falcioni, 1999).

Con relación a la investigación y desarrollo, en el quinquenio 1998-2002 la Unión Europea destinó € 12.700 millones a esta área, y se introdujo innovaciones, como la posibilidad por parte de los agricultores de participar directamente en la realización de proyectos, con un rol protagonista en la fase final de la innovación productiva (Donini y Rossi, 1998).

A mediados del Siglo XX los árboles estaban muy presentes en los paisajes rurales europeos, bordeando campos y praderas, a menudo dentro de ellos, y producían madera, fruta, sombra y protección. Pero la mecanización y la intensificación de la agricultura que empezó después de la Segunda Guerra Mundial terminaron con esta tradición secular; muchos árboles fueron talados y arrancados (RIE, 2004).

Tradicionalmente el bosque fue un lugar de cosecha de muchos productos forestales no madereros tales como hongos, hojas, frutos y otros. Con el tiempo los árboles fueron destinados a un solo uso, algunos para la producción maderera, como el encino (*Quercus sp.*) y haya (*Fagus sylvatica*), y otros para la producción de fruta, como castaño, cerezo y otras del género *Prunus* (INRA, 2006). Algunas especies frutales silvestres, como el níspero (*Mespilus germanica*), serbal (*Sorbus sp.*), manzano, ciruelo y otros, que antiguamente eran comunes en campos, setos y bosques europeos, fueron disminuyendo y actualmente sobreviven sólo en jardines, casas o a orillas de bosques alejados (Anónimo, 2007a).

En las últimas décadas la sobreproducción alimenticia y la crisis agrícola hicieron redescubrir la capacidad "forestal" de algunas especies frutales, desarrollándose plantaciones forestales en áreas abandonadas por la agricultura; entre las especies más plantadas se encuentran cerezo, nogal y serbal. Las especies frutales que se utilizan con fines forestales en tierras fértiles crecen rápidamente y en poco tiempo producen madera de calidad demandada para ebanistería y otros rubros que utilizan madera de alto valor.

Paralelamente, la actividad forestal en Chile se desarrolló en sistemas productivos monoespecíficos, a alta densidad, sin soluciones mixtas que incorporen la agricultura o ganadería. De esta forma, los sistemas de plantación y de manejo existentes se ajustan a plantaciones masivas orientadas a la producción a gran escala, modelo de difícil réplica a pequeña escala, e inadecuado a las necesidades y posibilidades de los campesinos y pequeños y medianos propietarios y empresas. Tales circunstancias, y otras propias de la economía interna del país, han llevado a que un importante número de estos agentes productivos rurales hayan liquidado sus operaciones agrícolas, traspasando sus predios a grandes empresas forestales y emigrando a la ciudad. Esto, además de la evidente pérdida patrimonial, les ha provocado una pérdida en su calidad de vida, con un gasto social adicional al país (Gatica *et al.*, 2000).

En los últimos 18 años en Chile se ha realizado numerosos proyectos de investigación sobre especies no tradicionales, abordándose en ellos varias especies frutales, siendo las más

estudiadas en este ámbito el nogal, el cerezo y el castaño, con resultados interesantes, los que han sido comunicados mediante numerosas publicaciones, por lo que se les excluye de este trabajo. El nogal en particular destaca por la cantidad de ensayos establecidos, por su sanidad, atractivo comercial y mercados consolidados a nivel mundial, y corresponde a una de las especies más usadas en sistemas agroforestales por su capacidad de producir tanto madera como fruta de alto valor (Gordon y Newman, 1997; Loewe y González, 2006).

## CONSIDERACIONES SOBRE EL MANEJO DE ESPECIES FRUTALES CON MADERAS NOBLES

El Centro Mundial de Agroforestería define los sistemas agroforestales como una dinámica basada ecológicamente en el manejo de sistemas de recursos naturales que integra árboles en predios agrícolas, diversificando y sosteniendo la producción con fines sociales, económicos y ambientales (ICRAF, 1982). Incluso proporcionaría una herramienta para la conservación al reducir la presión de uso de la tierra y favorecer la vida rural (Bhagwat *et al.*, 2008).

Por otra parte, la arboricultura es la ciencia que tiene un rol fundamental para la obtención de madera de alta calidad, que se dedica al cultivo temporal de árboles individuales, o de un conjunto de árboles, para producir madera de características determinadas (Buresti, cit por Loewe, 2003).

El proyecto europeo SAFE (Silvoarable Agroforestry for Europe) (2001-2005) que investigó y difundió modelos agroforestales para Europa, estableció que en plantaciones alternadas de cultivos y árboles con especies/variedades cuidadosamente escogidas y con técnicas de gestión específicas, se podría aumentar los rendimientos hasta en un 30% de los productos tanto agrícolas como silvícolas.

Esta mayor productividad encontrada en sistemas agroforestales se explica porque el árbol y la planta anual, si se asocian y gestionan de forma apropiada, establecen una sinergia en la distribución de la luz, agua y nutrientes del suelo; de forma natural, la competencia con el cultivo obliga al árbol a tener raíces más profundas, formando una malla de raíces debajo de las capas superficiales del suelo ocupadas por los cultivos, lo que les permite recuperar el agua y los nutrientes que percolan, lo que explica, al menos en parte, la mejor productividad silvícola. Igualmente, se acelera el crecimiento de los árboles respecto a parcelas puras de árboles, ya que la competencia es menor. Además, los árboles protegen los cultivos del viento y atenúan las lluvias o la exposición excesiva a los rayos solares (Dupraz, 2004).

El INRA (Instituto Nacional de Investigación Agronómica de Francia) ha contribuido promoviendo y desarrollando material vegetal mejorado en términos de vigor y calidad de la madera, proponiendo directrices técnicas para plantaciones. Se ha creado cultivares de cerezos y nogales más vigorosos y rústicos que permiten mejorar la producción de estas especies utilizadas en plantaciones en hileras, en sistemas agroforestales o en plantaciones forestales puras o mixtas.



Para el manejo silvícola de las especies fruto-forestales, el INRA ha experimentado con una silvicultura a nivel de árbol individual basada en la plantación a densidad final de la especie principal, asociada a plantas intercaladas. Dentro de éstas se encuentran especies de menor valor pero que cumplen otras funciones, como fijación de nitrógeno (aliso y robinia) que actúan como acompañantes de la especie principal, constituyendo protección lateral y fertilizando naturalmente el suelo. Estas especies también pueden presentar un interés económico por la producción a corto plazo de biomasa.

Ya que los sistemas agroforestales asocian en un mismo sitio especies arbóreas y cultivos, beneficiándose ambos por la relación sinérgica, cobra relevancia la ordenación territorial del predio, integrando la planificación socioeconómica con la planificación territorial, para generar estructuras espaciales acordes con los intereses de la sociedad. En Chile esto apuntaría a un desarrollo económico eficaz y equitativo en lo social, con atención a lo cultural y ambientalmente sustentable (Sánchez, 2001, citado por Aguilera, 2003).

El sistema integrado de producción se concreta mediante el ordenamiento territorial, conjugando diversas alternativas productivas (forestales, agrícolas y ganaderas) en un mismo terreno, con una ordenación espacial y temporal de los recursos. El sistema integrado de producción incrementa la diversidad de productos y permite obtener retornos en diferentes escalas de tiempo (Gatica y Pret, 2001 citado por Aguilera, 2003).

Para conducir eficazmente estos "huertos para madera", podas especializadas son indispensables. Las trozas pueden ser de calidad sólo si se eliminan defectos, bifurcaciones y ramas gruesas. La baja densidad de plantación induce un mejor desarrollo de la copa y consecutivamente, un crecimiento en diámetro más rápido que permite obtener antes trozas comerciales.

El INRA experimenta con castaño la doble funcionalidad frutal y forestal; en términos frutales se privilegia la precocidad y el rendimiento y el objetivo forestal se orienta hacia la formación de fustes de grandes dimensiones, que permitan valorizar la madera de la plantación al detener la producción frutal y cosechar el árbol para madera (Benedetti *et al.*, 2007).

Esta temática no es sólo importante por los aspectos científicos y técnicos vinculados a las relaciones de crecimiento del árbol con distintos arreglos en un medio más o menos artificial, sino que además contribuye a una agricultura multipropósito, que reincorpora árboles en los predios agrícolas, o en la gestión de árboles frutales con doble finalidad. En el ámbito de la Política Agrícola Común (PAC), uno de los puntos fuertes de la agrosilvicultura es que puede dar lugar, a escala local, a una casi infinidad de combinaciones, diferenciando especies, variedades y técnicas culturales.

Un argumento relevante para la adopción de estos sistemas son los ingresos. Los análisis económicos llevados a cabo por SAFE establecieron que con una superficie constante de explotación y un ritmo progresivo de plantaciones agroforestales, un agricultor puede limitar la disminución de ingresos financieros inmediatos a menos del 5%. No obstante, este sacrificio se verá ampliamente compensado a largo plazo por la constitución de un importante capital-ahorro de madera, diversificando su actividad, y con un costo de mantención reducido, concentrado en los primeros diez años, ya que después las intervenciones se limitan fuertemente. Se aconseja

plantar especies de alto valor (serbal, peral, cerezo, arce, nogal y otros frutales) destinadas al suministro de madera muy demandada en los mercados y como sustitución a las maderas tropicales que Europa importaba en cantidad.

Además de las ventajas agronómicas de los sistemas agroforestales (agrosilvicultura) comprobadas en dicho proyecto y en otros estudios (Iraira y Ponce, 2001; Nair, 1993; Sotomayor *et al.*, 2003; Zhanxue *et al.*, 1991; Van Noordwijk, 1995), destacan las ventajas ambientales de esta práctica. Respecto al valor paisajístico (y la valorización turística derivada), la introducción de árboles constituye una mejora estética, particularmente en las grandes extensiones de cereales. De igual modo, al favorecer la penetración del agua en el suelo, los árboles reducen la erosión, contribuyen a la prevención de inundaciones, al limitar la escorrentía responsable de las crecidas de ríos, y reducen la contaminación de las napas freáticas por los fertilizantes. También los árboles fijan una cantidad no despreciable de carbono, tanto en su madera como en el suelo, que se enriquece en profundidad con materia orgánica gracias a la descomposición continua de sus raíces finas.

También es fundamental el impacto dichos sistemas sobre la biodiversidad; gracias a los árboles rápidamente vuelven animales, insectos y plantas; incluso se piensa que este enriquecimiento puede acompañarse de efectos agronómicos favorables, ya que se ha identificado diversas especies auxiliares (depredadores de plagas) en sistemas agroforestales, tales como pájaros insectívoros, murciélagos o insectos como moscas sírfidas, cuyas larvas devoran gran cantidad de pulgones. No obstante lo anterior, no hay que excluir que este aumento de la biodiversidad conlleve efectos negativos, como favorecer el desarrollo de roedores, babosas y otros animales dañinos, aunque esto no ha sido observado.

Esta disciplina entonces responde a la aspiración por una agricultura menos unidimensional y productivista, menos dependiente de fertilizantes, herbicidas, insecticidas y otros químicos. Permite analizar la calidad de los modelos y reintroducir la lógica del ecosistema natural diversificado en el agrosistema cultivado, haciéndolos más estables y autónomos, menos agresivos para el ambiente y paradójicamente (que es el resultado obtenido), más productivos (Dupraz, 2004).

## **ANTECEDENTES SOBRE ALGUNAS ESPECIES FRUTALES CON MADERAS VALIOSAS**

A continuación se presenta antecedentes sobre el cultivo y la madera de algunas de las especies frutales más interesantes como especies nobles o de micronicho.

### **MANZANO (*MALUS DOMESTICA*)**

El manzano es originario de oriente y es el frutal de mayor consumo en Chile, concentrándose su producción en las regiones de O'Higgins y del Maule (PUC, 2007). Se desconoce su origen exacto, pero se cree que procede del cruzamiento y selección de varias especies de



manzanos silvestres europeos y asiáticos (Anónimo, 2006a).

## REQUERIMIENTOS ECOLÓGICOS

Es más resistente al frío que el peral y necesita menos calor y luz para la maduración. Sufre menos con el exceso de frío que con el de calor y prefiere climas húmedos a secos. Muchas de las variedades de mayor valor comercial requieren de una estación de crecimiento larga y fresca (21°-32°C), aunque soporta temperaturas inferiores a -10° C.

Es menos exigente en suelo que el peral, ya que se adapta a la mayoría de los terrenos, aunque prefiere los aluvionales, silíceo-arcillosos, pero de regadío o muy frescos, concentrándose en suelos francos. Por tener el sistema radicular superficial puede vivir en terrenos poco profundos. El agua estancada le resulta perjudicial y tolera el césped mejor que ningún frutal.

## MANEJO

El manzano se multiplica por semilla, injerto y estaca. A la siembra se recurre para obtener patrones francos y nuevas variedades.

Se trata de una especie muy plástica, es flexible y posee yemas latentes, por lo que responde muy bien a la poda. Los sistemas de formación más utilizados son las formas en eje, libre o con base estructurada tipo "fusetto" italiano. También es frecuente el tipo de formación en espaldera, palmeta o incluso el "drapeaux" de origen francés.

## CARACTERÍSTICA DE LA MADERA

Los manzanos bien cultivados proveen de madera de excelente calidad, que se confunde con la madera de peral o de otros frutales de la familia *Rosaceae*. Es una madera densa de aproximadamente 0,5-0,7 g/cm<sup>3</sup> a distintos contenidos de humedad (Anónimo, 2008a). Posee un índice de dureza de Brinell de 28 N/mm<sup>2</sup> (Steirer Parkett, 2008); de textura fina y uniforme, y su duramen es difícil de distinguir.

La madera de árboles silvestres presenta mejores propiedades que las variedades cultivadas (USDA, 1995). Es muy resistente a rajaduras, pero se deforma si no se seca muy lentamente. Si se vaporiza y seca, mantiene su forma tan bien como para usarse en trabajos de precisión: labrado, tallado, escultura, mangos de herramientas y tornería. Incluso se la utiliza para fabricar escuadras y herramientas de dibujo.

El duramen es de color marrón rojo con remolinos y líneas de color gris oscuro, castaño, azul, amarillo o rojo. La albura es una cinta estrecha de color amarillo cremoso con tinte rosado (Anónimo, 2006b).



Por su dureza es difícil de cortar y trabajar, pero es fácil de pulir y teñir; se logran excelentes terminaciones. No posee alta durabilidad al estar expuesta al exterior (USDA, SF). Sus propiedades mecánicas y el efecto del secado son descritos a continuación.

### PROPIEDADES MECÁNICAS DE MADERA DE MANZANO (Estándar de 2 pulgadas)

Estado	Peso específico (g/cm <sup>3</sup> )	MOE (x10 <sup>6</sup> lbf/in <sup>2</sup> )	MOR (lbf/in <sup>2</sup> )	Compresión		WML <sup>a</sup> (in-lbf/in <sup>2</sup> )	Dureza (lbf)	Cizalle (lbf/in <sup>2</sup> )
				Paralela (lbf/in <sup>2</sup> )	Perpendicular (lbf/in <sup>2</sup> )			
Verde	0,61	1,05	7.400	3.000	850	15,7	1.090	1.640
Seco	0,67	1,27	12.800	6.030	1.300	23,0	1.730	1.740

<sup>a</sup>WML = Work to maximum load.

Markwardt, L.J.; Wilson, T.R.C. 1935. Fuerza y características relacionadas de las maderas crecidas en los Estados Unidos. Tecnología Bull. 479. Washington, C.C.: EE.UU. Ministerio de Agricultura, Servicio del Bosque. EE.UU. Oficina de impresión del gobierno.

Fuente: USDA Forest Service. Consultado en <http://www2.fpl.fs.fed.us/TechSheets/HardwoodNA/htmlDocs/maluseng.html>

### CARACTERÍSTICAS DEL SECADO Y CONTRACCIÓN DE LA MADERA DE MANZANO

Tipo de Contracción	Porcentaje de Reducción (de estado verde a contenido de humedad final)		
	0% MC	6% MC	20% MC
Tangencial	10,1	—	—
Radial	5,6	—	—
Volumétrica	17,6	—	—

Markwardt, L.J.; Wilson, T.R.C. 1935. Fuerza y características relacionadas de las maderas crecidas en los Estados Unidos. Tecnología Bull. 479. Washington, C.C.: EE.UU. Ministerio de Agricultura, servicio forestal. EE.UU. Oficina de impresión del gobierno.

Fuente: USDA Forest Service. Consultado en <http://www2.fpl.fs.fed.us/TechSheets/HardwoodNA/htmlDocs/maluseng.html>

Es una madera propensa a formar nudos pequeños, causando un grano irregular de curvas, torceduras y remolinos.

### USOS DE LA MADERA

Se usa para confeccionar muebles, mangos de utensilios y paraguas, pelotas de bolo,

jugueteros, prensas, tornillos de madera, bastones, instrumentos de dibujo, pianos y partes de instrumentos musicales, culatas de armas y otros. Posee propiedades finas y uniformes, excelentes para el tallado y esculpido.

## **PERAL (*PYRUS COMMUNIS*)**

Pertenece a la familia *Rosaceae* y, además de proporcionar fruta apetecida, produce una excelente madera. El peral común es un árbol alto, estrecho, nativo de Europa y Asia occidental, que puede alcanzar hasta 20 m de altura.

Su cultivo se remonta a la antigüedad; los griegos cultivaban peras con esmero, de distintas variedades, al igual que los romanos. Desde Roma se extendió a otras regiones de Europa. La producción actual europea la encabeza Italia, seguida de España (Anónimo, 2006c).

La especie derivaría de la selección de razas silvestres de peral (*Pyrus communis* var. *pyraster*) hibridadas con especies europeas o asiáticas (*Pyrus nivalis* Jacq., *P. pyriformis* (Burn. f.) Nakai, *P. spinosa* Forssk. etc.) (Anónimo, 2006d).

En Chile se cultiva dos especies con fines frutícolas: peral común y peral asiático, la última de menor superficie; su cultivo se concentra en la zona central, donde existen las condiciones ambientales ideales para su desarrollo. Las Regiones de O'Higgins, del Maule y Metropolitana (en orden descendente) poseen las mayores superficies plantadas. En la Región del Maule se ha realizado plantaciones experimentales puras y mixtas para producir madera de calidad, con resultados interesantes a la fecha.

## **REQUERIMIENTOS ECOLÓGICOS**

Prospera bien en climas templados algo húmedos, siendo más resistente al frío que al calor. Un clima adecuado se caracteriza por inviernos con suficiente frío, pocas heladas tardías y primaveras y veranos soleados con temperaturas no muy elevadas, aunque las variedades existentes permiten su cultivo en climas diversos a los templados.

Soporta temperaturas de -20° C durante el reposo vegetativo, pero es muy sensible a las heladas primaverales. Requiere condiciones más cálidas que los manzanos. Necesita frío, 600–900 horas a menos de 7° C según las variedades.

Es un frutal exigente en suelo. Prospera bien en terrenos limosos y silíceo-arcillosos, permeables; el patrón franco tolera pH hasta 8,2-8,3 y cal activa hasta 11-12%. Le perjudica la humedad estancada en el terreno.

## **MANEJO**

Se adapta a varias formas, pero las más adecuadas son pirámide, huso, cordón vertical, cordón horizontal simple, palmeta simple y palmeta doble. Las formas libres sirven en terrenos

ricos y profundos; en climas húmedos con heladas tardías primaverales y tempranas otoñales convienen las formas apoyadas, y si el terreno es poco fértil y superficial, las pequeñas.

## CARACTERÍSTICAS Y USOS DE LA MADERA

Su madera es beige rojiza, de excelente calidad, dura y de grano regular, fuerte, compacta y muy pesada, no se deforma (una regla de peral de un metro de largo, diez centímetros de ancho y cuatro mm de espesor, siempre se conserva recta), se labra con facilidad y no se astilla. Es perfumada.

La albura es de color pálido amarillento, mientras que el duramen puede presentar variados matices de color, desde rosado a rojo marrón. Es notable su extraordinaria textura y suavidad (Lumber Yard, 2006). Es bastante densa y dura, entre 0,74 y 0,81 g/cm<sup>3</sup>, de mediana durabilidad, grano fino (Anónimo, 2006e), ondulado e irregular. Posee un índice de dureza de Brinell de 32 N/mm<sup>2</sup> (Steirer Parkett, 2008).

Existen cerca de 20 especies de peral que se cultivan en Norteamérica, Europa y en el sudeste asiático y Asia Occidental; en general son árboles pequeños por lo que forman trozas pequeñas.

Puede cortarse con borde agudo en cualquier dirección. Ofrece excelentes terminaciones para superficies pulidas; es flexible y puede curvarse. Se emplea en diseño naval (maquetas de barcos) y para tallados finos y maquetas; para la fabricación de muebles, instrumentos de dibujo, bloques para grabado en madera, tallado, tornería y chapas decorativas (Anónimo, 2008a). Es muy apreciada como material para esculturas y ebanistería de lujo. Cuando se cubre con barniz oscuro es un excelente sustituto del ébano.

### Ciruelo (*Prunus domestica*)

Especie procedente del Cáucaso y Europa, asilvestrada en diferentes lugares del mundo; es uno de los frutales más rústicos y fácil de cultivar (Pacheco y Arenas, 1989, citado por Galdames y Divin, 2003). Es un arbusto o arbolillo caducifolio de hasta 12 m de altura. En Chile se cultivan dos variedades (europeo y japonés) sólo con objetivo frutal. Las regiones que poseen más plantaciones son las Regiones de O'Higgins y Metropolitana.

### Requerimientos Ecológicos

Prefiere climas templados aunque resiste bien las bajas temperaturas debido a su temprana floración. Requiere temperaturas bajo 13° C en época de reposo y de 18-23° C en época de fructificación, siendo una temperatura media de 14-15° C la más adecuada para su desarrollo normal (PUC, 2006). Tiene algunos inconvenientes con las heladas primaverales, aunque sus flores son bastantes resistentes (Anónimo, 2006f).

Requiere 1.000-1.200 mm de precipitación anual repartidos en la temporada. Sufre de la

escasez hídrica en verano y su fruta y ramas finas son sensibles al viento, por lo que se puede cultivar hasta 700 msnm (Anónimo, 2006g).

Prefiere suelos profundos con pH básico o ligeramente ácido y humedad media; posee un sistema radicular superficial que le permite tolerar suelos poco profundos, siempre que sean frescos, sin exceso de humedad. Deficiencia de nutrientes, exceso de sales solubles, exceso de Boro e intercambio sódico son los problemas más comunes que afectan su crecimiento (Thomas et al, 1981, cit. por Galdames y Divin, 2003).

## Manejo

En Chile el manejo ha sido solamente dirigido a la producción de fruta, desconociendo las valiosas características de su madera y sus potencialidades de producción maderera, privilegiándose la formación de árboles cada vez más pequeños, más fáciles de cosechar, y bastante ramificados para potenciar la fruta. La poda debe ser ligera, evitando cortes de ramas gruesas (Anónimo, 2007b).

Posee un potencial atractivo como especie fruto forestal, ya que por medio de la técnica del injerto alto se puede producir una troza de buena calidad, de altura y diámetro apreciables, requerida por el mercado, y el desarrollo de una copa productora de fruta de buena calidad.

## Características y Usos de la Madera

La madera de ciruelo es una de las más nobles maderas europeas. Se reconoce por su maravilloso color marrón rojizo a rosáceo oscuro vetado; en una sola pieza el color puede variar entre púrpura intenso y marrón claro (Sorel, 2007). El grano muy fino, la estructura homogénea y los poros dispersos dan a esta madera un tono especialmente delicado y noble (Steirer Parkett, 2008).

Pesa un poco más que la del cerezo, pero las características de sonido y trabajabilidad son similares. Es una madera dura, densa y frágil. Su color decorativo la convierte en un material muy apreciado para recubrimientos y para la fabricación de objetos pequeños. Posee un peso específico de 0,8 g/cm<sup>3</sup> al 12% de humedad y un índice de dureza de Brinell de 37 N/mm<sup>2</sup> (Op cit.).

El uso de esta madera se encuentra asociado a un mercado específico dentro de las maderas de alto valor; apreciada para muebles, ebanistería, instrumentos musicales, carpintería, tornería y otros. En Italia se utiliza para la fabricación de muebles de lujo; por ejemplo, una silla terminada a mano con respaldo de metal tiene un valor aproximado de € 1000/unidad.

## Almendro (*Prunus amigdalus*)

Se cree que proviene de las regiones montañosas del oeste de Asia (Irán, Irak, Afganistán, etc.), donde aún se encuentra en estado silvestre. Su cultivo se remonta

a épocas muy antiguas, hace 4.000 ó 5.000 años, y fue extendido por la cuenca mediterránea por los fenicios y, posteriormente, por los griegos y romanos. Los persas lo difundieron por las regiones semiáridas de Asia hasta China, donde ya se conocía en el Siglo X A.C. (Rincones del Atlántico, 2007).

En Chile, hay una superficie pequeña de plantaciones de la especie, comparada con otras especies de frutales más tradicionales, ubicada entre las Regiones de O'Higgins y Metropolitana, aunque puede cultivarse en condiciones más áridas.

### Requerimientos Ecológicos

Es un árbol de dimensiones variables según los cultivares, sitios y técnicas de poda. Bajo riego alcanza 8-10 m de altura.

El cultivo del almendro requiere de pocos cuidados. Es resistente a la sequía y a terrenos degradados. Se desarrolla muy bien en suelos sueltos, ricos en humus y con buen drenaje, aunque también lo hace en suelos francos, incluso calizos, pero no tolera temperaturas bajas ni excesos de agua. Existen dos variedades típicas: *amara*, que es la más rústica y produce almendras amargas, y *dulcis*, de la que existen numerosos cultivares hortícolas, que da almendras dulces.

El almendro es el primero de los caducifolios en florecer en primavera debido al bajo requerimiento de frío y a su respuesta rápida a temperaturas elevadas. Es muy sensible a heladas primaverales; la temperatura media debe oscilar entre 15 y 18° C con temperaturas invernales superiores a 0° C. Es una de las especies frutales que mejor resiste las temperaturas elevadas y la sequía estival, por lo que el clima apropiado es cálido y soleado, sin heladas primaverales ni ambientes excesivamente húmedos, con precipitaciones entre 250 y 600 mm anuales.

Por su sistema radicular pivotante y de gran penetración en el suelo resiste sequías prolongadas y puede aprovechar los nutrientes almacenados en el suelo. En suelos muy fértiles es difícil equilibrar o controlar su crecimiento.

### Manejo

Como existe un manejo frutícola, las podas se realizan con el objetivo de favorecer la producción de fruta sin considerar la producción maderera. Se realizan podas de formación (primer invierno), podas de aclareo cortando ramas interiores y chupones (tercer y cuarto invierno), y posteriormente podas para mantener la estructura del árbol. Después del cuarto año se efectúan podas productivas para fomentar la fructificación.

### Característica y Usos de la Madera

Es una madera catalogada como dura (Anónimo, 2008b), con una densidad

entre 0,6 y 0,8 g/cm<sup>3</sup>.

Se usa en ebanistería, para pisos o como material para la construcción, por su elevada dureza. Es un buen combustible (leña). Es utilizada en artesanías y ebanistería por su distinguido color anaranjado oscuro y su olor único a almendra amarga (Anónimo, 2008c).

### **Naranja (*Citrus aurantium*)**

El naranja amargo es de origen asiático (China, Indochina), donde junto al limonero se cultiva desde tiempos inmemoriales. A Europa fue introducido por Alejandro Magno en el Siglo III A.C. aunque en esa época se le prestaba más atención al limonero; sólo en los Siglos IX o X se comenzó a cultivar en los países mediterráneos. El primero fue el naranja amargo (*Citrus aurantium*), y luego, en el Siglo XIV, se aclimató otra especie, el naranja dulce (*C. sinensis*), de la cual se originaron muchas variedades (HiperNatural, 2007).

Su nombre científico está compuesto por la palabra latina "citrus" que significa cítrico y "aurantium" que significa dorado. Es un árbol perenne de 4 a 7 metros de altura, con copa compacta, frondosa, globosa y de tronco de corteza lisa y color verde grisáceo (Anónimo, 2008d).

En la Región de Coquimbo se encuentra aproximadamente el 56% de la superficie nacional de cultivos de naranjos.

### **Requerimientos Ecológicos**

El naranja amargo puede estar a pleno sol o en semi sombra, es sensible a las heladas. No es exigente en cuanto a suelos, ya que resiste terrenos calcáreos y con escaso subsuelo, con pH de hasta 8,5. No tolera la salinidad y posee una resistencia media a la sequía. Aunque no es exigente en suelos, prospera mejor en suelos fértiles, bien drenados, limoso arenosos, no debiendo faltar riego (Anónimo, 2008e). No soporta el viento, sobre todo en época de floración.

### **Manejo**

Es una especie más resistente a enfermedades y condiciones de suelo que otros cítricos, de ahí que se haya extendido ampliamente su cultivo como base para el injerto de otros cítricos.

Esta especie es muy usada como ornamental por la vistosidad de sus flores y aromas. También se utiliza en plazas y veredas como árbol de sombra. Son árboles de hoja perenne y cuando se poda se eliminan muchas reservas del árbol (hojas y ramas), por lo que se los poda lo menos posible, principalmente podas de formación y algunas podas de limpieza.

## Características y Usos de la Madera

Es una madera muy pesada y densa, muy resistente. Se usa para fabricar numerosas herramientas, siendo apreciada también como leña (desechos de podas). En España antiguamente se construyeron molinos con madera de naranjo, aprovechando la abundancia de la especie (Anónimo, 2008f); durante la época de la Colonia se confeccionaban trompos con esta madera debido a su gran dureza y resistencia, y peines (Plath, 2008).

## Limonero (*Citrus limon*)

Los cítricos se originaron hace unos 20 millones de años en el sudeste asiático. Desde entonces han sufrido numerosas modificaciones debidas a la selección natural y a hibridaciones tanto naturales como antrópicas. La dispersión de los cítricos desde sus lugares de origen se debió fundamentalmente a los grandes movimientos migratorios: conquistas de Alejandro Magno, expansión del Islam, cruzadas, descubrimiento de América, etc. El limonero fue introducido por los árabes en el mediterráneo en los años 1.000 a 1.200, se les describe en la literatura árabe a fines del Siglo XII (Anónimo, 2008g).

Los principales países productores son México, EE.UU., Argentina, India, Italia y España. La producción y comercialización del hemisferio norte se produce entre octubre y abril, y en el hemisferio sur de mayo a septiembre, por lo que ambas se complementan.

La mayor superficie de limoneros en Chile se encuentra entre las Regiones de Coquimbo y O'Higgins, siendo la Región Metropolitana la que concentra la mayor superficie, con 2.926 ha plantadas.

## Requerimientos Ecológicos

Esta especie de crecimiento rápido, crece y fructifica con normalidad en climas tropicales, pero la fruta que produce en estas condiciones no es de calidad comercial (demasiado gruesos y poco ácidos). Para una adecuada producción requiere de un clima mediterráneo libre de heladas. Los periodos de sequía seguidos de precipitaciones juegan un papel importante en la floración.

Distintas variedades de la especie presentan un grado amplio de adaptación a zonas que difieren en temperatura; resiste temperaturas de hasta 2° C sin daño, y soporta temperaturas máximas bastante elevadas. Las temperaturas óptimas de desarrollo y producción son 23-24° C (PUC, 2008).

Necesita suelos permeables y poco calizos, con pH entre 6,2 y 6,8. Se recomienda suelos profundos para garantizar el anclaje del árbol, una buena nutrición y un crecimiento

adecuado. Los suelos deben tener una textura equilibrada para garantizar buena aireación y facilitar el paso del agua, además de proporcionar una estructura que mantenga la humedad y una buena capacidad de intercambio catiónico. No tolera la salinidad y es sensible a la asfixia radicular. En resumen, resiste climas cálidos, sin heladas. En regiones húmedas o lluviosas necesita invernadero; de hecho puede servir de planta interior.

## Manejo

En general se establece a pleno sol al resguardo del viento; es mejor si se cultiva en zonas subtropicales o templadas sin presencia de heladas. Necesita cierta humedad ambiental, por lo que es conveniente la cercanía a riberas. La poda se realiza sólo en árboles adultos para la penetración de luz.

## Características y Usos de la Madera

El limonero es un cítrico perenne, muy parecido al naranjo. El tronco es leñoso, de color amarillento y muy ramificado. Su madera, dura y amarilla, es muy apreciada en ebanistería, para la elaboración de muebles finos como mesas, baúles y objetos de gran belleza (ASOCOA, 2007a).

También se usa para fabricar pipas artesanales en Italia, debido a que el color de esta madera es muy atractivo y distintivo, además de resistir el calor y no comprometer el gusto del tabaco. También se utiliza para la elaboración de carbón, que es de muy buena calidad, y en la fabricación de mangos de determinadas herramientas, debido a su gran dureza, así como para la fabricación de armas, especialmente arcos largos, flexibles y fáciles de transportar. También se utiliza para la decoración de espacios claros donde se luce por su color (Labenne, 2006).

## Olivo (*Olea europaea*)

Se le conoce como olivo mediterráneo, olivo europeo, olivo español, etc., dependiendo de la localidad. Posee una madera muy atractiva, usada principalmente para artículos ornamentales porque el pequeño tamaño del árbol limita la producción y también porque se utiliza bastante para la fabricación de aceite de oliva, por lo que se maneja como frutal y normalmente no produce mucha madera, ya que pequeño y retorcido.

Existen dos hipótesis sobre el origen del cultivo, una que postula que proviene de las costas de Siria, Líbano e Israel y otra que lo considera originario de Asia Menor. La llegada a Europa probablemente fue realizada por los fenicios que transitaron por las islas del Mar Egeo. Los romanos y árabes introdujeron esta especie en España (uno de los más importantes productores de aceite de oliva). Se introdujo en Perú y México alrededor de 1560 y en California en 1769.

El aceite obtenido de sus frutos, que etimológicamente proviene de la palabra árabe "az-zait", que quiere decir jugo de la oliva, ha servido durante siglos como alimento, materia prima



para alumbrado, unguento medicinal y revitalizador del organismo.

Este frutal posee mayores superficies de plantación que algunos frutales más tradicionales y es uno de los que más han crecido en superficie en los últimos años. Las aceitunas se comercializan como fruta conservada o fresca y en los últimos años se ha desarrollado fuertemente el rubro del aceite de oliva.

### Requerimientos Ecológicos

Especie muy rústica, heliófila, de fácil cultivo, apta para terrenos marginales, no tolera temperaturas inferiores a  $-10^{\circ}$  C. No presenta problemas ante heladas, con excepción de las variedades muy tempranas, porque el fruto se daña. Escasos requerimientos de horas frío y elevados de calor (entre la brotación y la floración transcurren 3-4 meses y desde la floración hasta la recolección, 6-7 meses). Los agentes meteorológicos más graves son los vientos secos y las temperaturas elevadas durante la floración, que producen abortos, resintiéndose la producción. Es muy resistente a la sequía, aunque el óptimo de precipitaciones se sitúa entorno a 650 mm bien repartidos. En sequías extremas se induce la producción de flores masculinas.

Es resistente a suelos calizos, aunque existen diferencias entre variedades, y muy tolerante a la salinidad. Prefiere suelos profundos y permeables, le perjudica la humedad excesiva y los terrenos muy compactos o arcillosos (ASOCSA, 2008).

### Manejo

Requiere poco riego. La poda se realiza con fines frutícolas, tradicionalmente manteniendo un tronco, en forma bianual, evitando podas severas.

### Características y Usos de la Madera

La madera de olivo se obtiene de su cultivo para la obtención de fruta comestible y para la extracción de aceite en los países del mediterráneo. Es hermosa, de color beige o marrón, con vetas oscuras, grises o negras. De textura fina, su fibra a veces es recta pero a menudo irregular.

Posee un peso específico de  $0,9 \text{ g/cm}^3$ . Es difícil de aserrar, aunque se trabaja bien, obteniendo acabados muy lisos y pulidos, y se tiñe bien. Es conocida principalmente en pequeños objetos torneados o tallados (Anónimo, 2005a). Los cuadros siguientes muestran algunas propiedades mecánicas de esta madera.

#### PROPIEDADES MECÁNICAS DE MADERA DE OLIVO



## (Estándar de 2 pulgadas)

Estado de la Madera	Peso Específico (g/cm <sup>3</sup> )	MOE (x10 <sup>6</sup> lbf/in <sup>2</sup> )	MOR (lbf/in <sup>2</sup> )	Compresión		WML <sup>a</sup> (in-lbf/in <sup>3</sup> )	Dureza (lbf)	Cizalle (lbf/in <sup>2</sup> )
				Paralela (lbf/in <sup>2</sup> )	Perpendicular (lbf/in <sup>2</sup> )			
Verde	0,64	1,37	10.000	4.170	1.110	13,0	1.280	1.470
Seca	0,78	2,01	17.700	9.170	2.460	15,4	2.300	2.160

<sup>a</sup>WML = Work to maximum load.

\* U.S. Department of Agriculture. 1987. Wood handbook: wood as an engineering material. Agric. Handb. 72. (Rev.) Washington, DC: U.S. Department of Agriculture.

\* Markwardt, L.J.; Wilson, T.R.C. 1935. Strength and related properties of woods grown in the United States. Tech. Bull. 479. Washington, DC: U.S. Department of Agriculture, Forest Service. U.S. Government Printing Office.

Fuente: <http://www2.fpl.fs.fed.us/TechSheets/HardwoodNA/htmlDocs/diospyro.html>

## SECADO Y CONTRACCIONES EN MADERA DE OLIVO

Tipo de Contracción	Porcentaje de Contracción (desde verde a contenido de humedad final)		
	0% MC	6% MC	20% MC
Tangencial	11,2	9,0	3,7
Radial	7,9	6,3	2,6
Volumétrica	19,1	15,3	6,4

<sup>a</sup>Birch shrinks considerably during drying. References: 0% MC (98), 6% and 20% MC (90).

Fuente: <http://www2.fpl.fs.fed.us/TechSheets/HardwoodNA/htmlDocs/diospyro.html>

Es difícil de trabajar con herramientas y no pega fácilmente. El duramen, a diferencia de la albura, tiene alta durabilidad. Se utiliza para carretes, bobinas, señales de billar, pisos de parquet, cabezas de palos de golf, zapatos, chapas y manijas. Puede causar dermatitis.

El olivo tiene un grano insólito al igual que su color, lo que la hace una madera muy interesante (Hearne Hardwoods, 2005). Se utiliza para artesanías, desde utensilios para la cocina hasta mobiliario, y en la industria artesanal para hacer todo tipo de herramientas (ASOCOA, 2007b).

Los muebles elaborados con este material destacan por su calidad y por ofrecer un acabado impecable en estilo rústico. En los últimos años, el gusto por los muebles con diseño rústico se ha impuesto en España como un nuevo estilo; es una madera cara, principalmente cuando se elabora de manera artesanal y es de calidad. En algunas zonas se entiende que la madera de olivo es "para toda la vida"; muebles que no pasarán de moda nunca y que se man-

tendrán en la familia durante generaciones. De hecho, algunas de la empresas que siguen la tradición garantizan algunos muebles "de por vida" (Diario Electrónico Las Provincias, 2006).

Tradicionalmente la escasez de madera de olivo era un problema para su expansión. Sin embargo, con la expansión del cultivo en las últimas décadas se ha zanjado este problema; en la mayoría de los casos, la madera usada proviene de árboles que se han cortado debido a su baja producción. Se considera principalmente en España un nicho de mercado de productos de alto valor en crecimiento.

### **Caqui (*Diospyros kaki*)**

Es un árbol nativo de China y muy difundido en el Japón; su nombre proviene del griego *Dios* (divino) y *pyros* (se refiere al fruto), aludiendo a los sabrosos frutos de algunas especies. Kaki proviene del nombre japonés del fruto, país donde se cultiva abundantemente (Anónimo, 2007c).

Árbol caducifolio dioico de 5-10 m de altura, con el tronco corto y corteza algo fisurada, copa frondosa y oscura, que en otoño se vuelve rojiza. El fruto es globoso, de color anaranjado en la madurez, que recuerda a un tomate, y persiste en el árbol cuando éste ha perdido las hojas.

En Chile existe poca superficie con la especie. Su cultivo se presenta en la Zona Central, en donde la Región Metropolitana posee la mayor superficie, seguida de las Regiones de Valparaíso y O'Higgins.

### **Requerimientos Ecológicos**

Es un árbol bien adaptado al clima mediterráneo; su floración tardía le evita problemas de heladas primaverales, aunque temperaturas muy bajas pueden dañar las yemas (Anónimo, 2006h). Presenta bajos requerimientos de horas-frío (100), pero la brotación es tardía debido a las necesidades de grados-día (Anónimo, 2006i).

Requiere veranos largos y cálidos para la maduración de la fruta, de forma que la hoja cae antes de que madure. Es exigente en luz y sensible a los vientos fuertes, sobre todo al final del verano, ya que el peso de la fruta produce su caída y daños por rotura de ramas.

Se desarrolla en todo tipo de suelos pero prefiere suelos franco-arcillosos o franco arcillo calcáreos, fértiles, profundos, con abundante materia orgánica y adecuado drenaje debido a su sensibilidad al exceso de humedad. Normalmente se cultiva bajo riego, pero también se pueden realizar plantaciones en secanos frescos.



## Manejo

Posee un crecimiento juvenil con marcada dominancia apical. Las podas se realizan con objetivo frutícola, son bastantes ligeras, limitándose a reducir la carga y evitar roturas. Cuando existe una carga excesiva de fruta el árbol realiza un raleo en forma natural.

## Características y Usos de la Madera

Esta especie pertenece al mismo género que otras especies de maderas de alto valor, como el ébano (*D. ebanum*), y el palo santo (*D. lotus*). Su madera es pardo verdosa, muy apreciada en ebanistería (Anónimo, 2006j). Se utiliza para la confección de mangos de palos de golf, y en la fabricación de instrumentos musicales (Anónimo, 2006k).

## Nispero (*Mespilus germanica*)

Especie originaria del sudeste europeo, se cultiva en el oeste y centro de Europa por su fruta; crece espontáneamente en bosques y setos (Anónimo, 2006l). Su nombre latino induce a pensar que es originaria de Alemania porque se da en forma silvestre en esa zona y más al suroeste, pero fue introducida a Europa en el Siglo II AC desde el norte de Persia o los Balcanes (Anónimo, 2006m).

El nispero ha sido aprovechado con usos muy distintos, como planta tintórea, para madera o para el consumo doméstico desde la antigüedad, habiéndose encontrado fósiles en algunos yacimientos paleontológicos. Posee cualidades medicinales tanto en su corteza como en sus hojas, también conocidas desde la antigüedad.

Es un arbusto perenne que llega a medir 5-6 m de altura y un diámetro basal de 15 a 20 cm, poco longevo (40 a 50 años). Puede encontrarse hasta 1.000 a 1.100 msnm. Posee una copa redondeada con corteza de color gris y ramas tortuosas, espinosas en los ejemplares silvestres; florece en primavera. Dispone de una bella silueta y de un follaje rojizo, lo que la hace idónea para jardines y parques. Los principales países productores son Japón, Brasil, Argelia e India.

En Chile, existe una superficie de plantaciones de nispero bastante baja, solo 113 hectáreas en la zona central (Regiones de Valparaíso a O'Higgins).

## Requerimientos Ecológicos

Esta especie es de crecimiento bastante lento, pudiendo superar los 100 años. Se cultiva en áreas con fuerte luz pero sin vientos, tolera temperaturas de hasta -20° C. Es una especie bastante rústica, se encuentra en todo tipo de suelos, a excepción de los muy alcalinos, siempre que no haya demasiada humedad o sean muy secos; prefiere suelos ácidos, con nutrientes y profundos.

## Manejo

Para el manejo del nispero se realizan podas con fines principalmente frutícolas; una primera poda de formación evita dejar mucha fruta para reducir daños de viento. Las otras podas, limitadas, consisten en una limpieza de las ramas más deterioradas o muertas antes de la floración. También es importante el raleo para lograr el calibre necesario para la fruta (Anónimo, 2005b). Las abejas son atraídas por su olor intenso.

## Características y Usos de la Madera

La madera se diferencia en albura, de color amarillento claro, y en duramen, de color rojizo amarillento. Posee características similares a la madera de manzano. Su durabilidad natural es media, bastante dura, pero trabajable, y resistente al roce (Borghini y Massafra, 2002).

Entre las características principales se encuentra la densidad ( $0,84 \text{ g/cm}^3$ ) que se clasifica dentro del rango de maderas pesadas. Su homogeneidad es alta debido a que la composición de las fibras y los vasos es uniforme y su grano es bastante fino, lo que le confiere una alta capacidad de pulido, por lo que se usa para construir bastones y cunas de niños (*Op. cit.*). Su contracción es débil debido a su homogeneidad, el tamaño pequeño de los poros y su densidad (Anónimo, 2005b).

Su corteza tiene propiedades medicinales. Su madera es utilizada para la elaboración de mangos de herramientas de campo, bastones, látigos y pequeños objetos de artesanales (Borghini y Massafra, 2002). En el País Vasco, se denomina Manila a un bastón de nispero herrado en la extremidad más gruesa, con una empuñadura adornada con cobre o cuero y con una correa.

## ALTERNATIVAS DE USO DE ESPECIES FRUTALES CON MADERA DE ELITE

Los mercados más importantes para las maderas de alto valor se encuentran en Europa, Norteamérica y Asia, donde se las destina a usos especiales. Europa es un mercado de especial interés y potencial.

El precio de la madera varía con la procedencia, dimensiones y calidad de las trozas, así como con los tratamientos aplicados y el grado de elaboración (Loewe, 2007). Los mercados de estas maderas son muy exigentes en calidad, la que se define en forma compleja por varios parámetros, entre ellos dimensión, defectos, color, homogeneidad y regularidad de los anillos de crecimiento. La calidad es relevante porque define el precio de los productos, con diferencias entre categorías de hasta más de 30 veces por variación de calidad.



Una de las características de mayor atractivo de estos mercados es la posibilidad de comercializar un volumen reducido, a partir de un container (30-40 m<sup>3</sup>); no obstante lo anterior, los precios de venta son diferentes si se comercializa en forma esporádica o si se ofrece un abastecimiento regular y con estándares de calidad garantizado, ya que los mercados que operan con maderas finas son exigentes en calidad y homogeneidad de los productos, exigen seriedad, responsabilidad, y privilegian abastecimientos regulares.

El cultivo de varias especies frutales que poseen maderas valiosas con doble objetivo productivo (fruta-madera) puede resultar conveniente (Loewe, 2003), y constituye una alternativa factible de ser incorporada en los sistemas productivos agrícolas rurales tradicionales. Se trata de especies conocidas y difundidas, de interés tanto agrícola como forestal, ya que producen fruta apreciada y madera de alto valor, requerida para la producción de muebles de estilo, en ebanistería, instrumentos musicales y otros usos especiales.

El hecho que sean especies frutales por excelencia hace que la incorporación de la componente forestal dentro del sistema agrícola se presente como un complemento interesante a la actividad económica predial, sobretodo para campesinos y pequeños y medianos propietarios y empresas.

La producción de madera y fruta en forma simultánea y complementaria en el mismo árbol, puede lograrse en forma apropiada para ambos rubros a través de la aplicación de la técnica del injerto alto. Esta técnica se ha aplicado con éxito y en forma masiva en Europa, y en Chile existen algunas experiencias, constituyendo una alternativa productiva interesante para el desarrollo de la agroforestería.

Los injertos realizados en la parte baja del fuste son considerados como un defecto importante por el mercado internacional demandante, pues causan una decoloración oscura de la madera que se trasmite hacia la parte superior, que la desclasifica y reduce su valor en forma significativa, o simplemente elimina la posibilidad de transarla en el mercado (Loewe y González, 2003).

Adicionalmente, las variedades para fruta poseen un vigor y crecimiento vegetativo disminuidos con el objetivo de facilitar la cosecha, por lo que tampoco resulta apropiado plantar estas variedades si se desea producir madera de alto valor. Por otra parte, el mercado de la fruta es muy sofisticado y exigente en uniformidad, lo que hace insostenible el cultivo con estos fines de árboles provenientes de semilla (patrones o franco), los que se caracterizan por la elevada heterogeneidad de su fruta.

## CONCLUSIONES

Diversificar es bueno para Chile y para propietarios e inversionistas; puede traducirse en el cultivo de nuevas especies, en la generación de nuevos productos, como la madera de alto valor, y en el uso de modelos productivos innovadores; de hecho los países desarrollados han reorientado sus decisiones estratégicas hacia productos de mayor valor. En Chile existe un conocimiento técnico disponible factible de ser aplicado, a la vez que varias especies de



interés que pueden ser cultivadas con éxito y rentabilidades interesantes. Esto representa una oportunidad por los mayores crecimientos registrados en el país y puede contribuir a reducir la concentración silvícola, socioeconómica y geográfica de las plantaciones y a reducir el avance y controlar la aparición de nuevas plagas y enfermedades.

Existen mercados insatisfechos de madera de alta calidad y valor. Las maderas de alto valor son destinadas al mercado internacional, que paga un valor muy superior al de las maderas de especies tradicionales cultivadas masivamente.

Se han estudiado numerosas especies cuyo empleo tiene finalidades económicas, estéticas y ambientales, generando productos que valoran el ambiente y constituyen una opción productiva interesante para empresas y propietarios pequeños, medianos o grandes. La técnica más apropiada para generar productos de alto valor es la arboricultura.

El elevado ingreso que se obtiene del cultivo de especies de alto valor lo hace factible aún en superficies reducidas, lo que corresponde con la variedad de ambientes del país y con la posibilidad de exportar aún cantidades muy limitadas.

Existen grandes desafíos en este ámbito, entre los que se encuentran la realización de programas de I&D que permitan en forma integral desarrollar estos temas; la capacitación de profesionales en estas técnicas recientemente adaptadas a Chile; y una mayor coordinación con los organismos estatales encargados de los subsidios relacionados.

Un impulso a la arboricultura para maderas valiosas en Chile tendría una notable relevancia socioeconómica y ecológica, considerando que la forestación conlleva impactos colectivos importantes.

La producción de madera de alto valor, como la de varias especies frutales, constituye una alternativa factible de ser incorporada en sistemas productivos. El cultivo asociado en forma simultánea de madera y fruta es factible mediante la técnica del injerto alto, empleada con éxito en varios países, y presenta un potencial socioeconómico interesante para muchos propietarios en Chile, ya que permite generar ingresos durante la rotación (fruta).

Resulta necesario investigar sobre esquemas productivos con diferentes especies y en diferentes ambientes, los que pueden ser determinantes en el grado de éxito obtenido.

La realización de plantaciones para producir madera de calidad no es una actividad simple ni extensamente difundida, pero existen regiones que muestran un desarrollo interesante en el tema, ligado a la realidad europea en dinámica evolución, entre ellas el cono sur de América del Sur.

De acuerdo a las tendencias de sustitución de maderas tropicales y de otras maderas de calidad, se desprende que, si bien la sustitución seguirá operando en ciertos niveles, no impactará en forma significativa la demanda de maderas nobles, para las cuales existe una población creciente con poder adquisitivo que privilegia productos naturales, exclusivos y producidos en forma amistosa con el ambiente.

## REFERENCIAS

**Aguilera M., 2003.** Ordenamiento territorial. Cap. III, Proyecto INFOR-INDAP.

**Anónimo, 2005a.** Clases de Maderas 10. Consultado en línea en [http://www.fortunecity.es/bohemia/artnouveau/235/rincon/madera\\_clases09.htm](http://www.fortunecity.es/bohemia/artnouveau/235/rincon/madera_clases09.htm) el 4/3/2005.

**Anónimo, 2005b.** Poda del Nispero. Consultado en <http://www.infojardin.com/Frutales/poda-higuera-kiwi-mango-nispero-olivo-parra.htm#poda-nispero> el 29/5/2005.

**Anónimo, 2005c.** Nèfler et nèflier. Consultado en <http://www.makhila.com/nefnef/index.htm> el 29/5/2005.

**Anónimo, 2006a.** El Cultivo de la Manzana. Consultado en línea en [http://www.infoagro.com/frutas/frutas\\_tradicionales/manzana.htm](http://www.infoagro.com/frutas/frutas_tradicionales/manzana.htm) el 6/7/2006.

**Anónimo, 2006b.** The Lumberyard. Consultado en línea en <http://www.dlumberyard.com/Wood/WoodD1.htm#apple> el 8/11/2006.

**Anónimo, 2006c.** Cultivo del Peral. Consultado en línea en <http://www.infojardin.com/Frutales/fichas/peras-pera-2.htm> el 8/11/2006.

**Anónimo, 2006d.** Cultivo de las peras. Consultado en línea en [http://www.infoagro.com/frutas/frutas\\_tradicionales/peras.htm](http://www.infoagro.com/frutas/frutas_tradicionales/peras.htm) el 8/11/2006.

**Anónimo, 2006e.** Plants for a Future. *Pyrus communis*. Consultado en <http://www.pfaf.org/database/plants.php?Pyrus+communis> el 8/11/2006.

**Anónimo, 2006f.** Infoagro. El cultivo de las Ciruelas. Consultado en [http://www.infoagro.com/frutas/frutas\\_tradicionales/ciruela.htm](http://www.infoagro.com/frutas/frutas_tradicionales/ciruela.htm) el 10/10/2006.

**Anónimo, 2006g.** Inforjardin. Cultivo del Ciruelo. Consultado en <http://www.infojardin.com/Frutales/fichas/ciruelos-cultivo-ciruelo.htm> el 10/10/2006.

**Anónimo, 2006h.** Caquis. Consultado en <http://www.infojardin.com/Frutales/fichas/caqui-caquis-kaki-kakis.htm> el 6/5/2006.

**Anónimo, 2006i.** El cultivo del caqui. Consultado en [http://www.infoagro.com/frutas/frutas\\_tropicales/caqui.htm](http://www.infoagro.com/frutas/frutas_tropicales/caqui.htm) el 15/3/2006.

**Anónimo, 2006j.** Diospyros kaki. Consultado en <http://www.arbolesornamentales.com/Diospyroskaki.htm> el 11/6/2006.

**Anónimo, 2006k.** Caqui. (*Diospyros kaki*). Consultado en [http://www.naturayeducacion.com/plantas/info\\_plantas.asp?clave=41](http://www.naturayeducacion.com/plantas/info_plantas.asp?clave=41) el 17/8/2006.

**Anónimo, 2006l.** Nispero. Consultado en línea en <http://www.internatura.org/guias/arbustos/nispero.htm> el 17/8/2006.

**Anónimo, 2006m.** Nispero. Consultado en línea el [http://www.naturayeducacion.com/plantas/info\\_plantas.asp?clave=26](http://www.naturayeducacion.com/plantas/info_plantas.asp?clave=26) el 17/8/2006.

**Anónimo, 2007a.** Arbres fruitiers sauvages, un patrimoine à sauvegarder. Consultado en línea en <http://www>



ponema.org/article\_imp.php3?id\_article=12 el 30/3/2007.

**Anónimo, 2007b.** Infojardín. Poda del ciruelo. Consultado en línea en <http://www.infojardin.com/Frutales/poda-ciruelo-cerezo-guindo-almendro.htm> el 7/6/2007.

**Anónimo, 2007c.** Caqui. Consultado en <http://frutas.consumer.es/documentos/tropicales/caqui/curiosidades.php> el 4/3/2007.

**Anónimo, 2008a.** Le site en Bois. Consultado en línea en <http://www.site-en-bois.net/cgi-bin/bois/searchbois.pl> el 30/6/2008.

**Anónimo, 2008b.** Materiales de Construcción. Consultado en línea en <http://www.ucn.cl/FacultadesInstitutos/laboratorio/Propiedades%20f%EDsicas3.htm> el 4/3/2008.

**Anónimo, 2008c.** Bois. Consultado en [http://fdoreau.homeip.net/index.php?url=essences.php&tri=nom\\_fr](http://fdoreau.homeip.net/index.php?url=essences.php&tri=nom_fr) el 4/3/2008.

**Anónimo, 2008d.** Infojardín. Naranja amargo. Consultado en <http://www.infojardin.com/fichas/arboles/citrus-aurantium-naranja-amargo-agrio.htm> el 4/3/2008.

**Anónimo, 2008e.** Biodiversidad en España. Flora. Naranja. Consultado en línea en <http://www.tecnun.es/Asignaturas/Ecologia/NotTécnicas02/bioespa/flora.htm#NARANJO> el 14/3/2008.

**Anónimo, 2008f.** La naranja en Vila-real. Consultado en línea en <http://es.geocities.com/carraben/index.5.htm> el 24/3/2008.

**Anónimo, 2008g.** El cultivo del Limón. Consultado en línea en <http://www.infoagro.com/citricos/limon.htm> el 4/3/2008.

**ASOCSA, 2007a.** Limoneros. Consultado en <http://www.asocsa.com/arboles/limonero.asp> el 4/3/2007.

**ASOCSA, 2007b.** El Olivo (*Olea europaea*). Consultado en <http://www.asocsa.com/arboles/olivo.asp> el 8/9/2007.

**ASOCSA, 2008.** El Olivo (*Olea europaea*). Consultado en línea en <http://www.asocsa.com/arboles/olivo.asp> el 8/3/2008.

**Benedetti R.S., Loewe M.V., López I.C. y González O.M., 2007.** Castaño, madera de alto valor para Chile. INFOR-FIA-INNOVA BIO BIO-FONDEF, 307 p.

**Bhagwat, S.A., Willis, K.J., Birks, J.B. and Whittaker, R.J., 2008.** Agroforestry: A Refuge for Tropical Biodiversity? Trends in Ecology and Evolution Vol. 23 N° 5. Pp. 261-267.

**Borghini G. y Massafra M.G., 2002.** Legni da Ebanisteria. De Luca Editori D'Arte. Roma, Italia.

**Coydan T.I., Rojas M.A. y Díaz O.J. Sf.** El Cambio Estructural en la Agricultura Chilena: Tenencia de la Tierra y Empleo Agrícola. Universidad de Talca. Citando en línea desde [www.icarrd.org/en/icarrd\\_doc\\_tec/batch7\\_chile.doc](http://www.icarrd.org/en/icarrd_doc_tec/batch7_chile.doc).

**Diario Electrónico Las Provincias, 2006.** Consultado en [http://www.lasprovincias.es/valencia/prensa/20060918/ocio/olivo-madera-descubrir\\_20060918.html](http://www.lasprovincias.es/valencia/prensa/20060918/ocio/olivo-madera-descubrir_20060918.html) el 4/3/2006.



- Donini B. y Rossi L., 1998.** Ricerca e sviluppo tecnologico in Europa. L'Informatore Agrario N° 16:25-28.
- Dupraz, C., 2004.** Proyecto SAFE. Revista de la Investigación Europea. Revista Electrónica I+DT info N° 43. Noviembre 2004. Consultado en [http://ec.europa.eu/research/rdinfo/43/print\\_article\\_1656\\_es.html](http://ec.europa.eu/research/rdinfo/43/print_article_1656_es.html) el 10/5/2006
- Falcioni, P., 1999.** Lo sviluppo rurale secondo Agenda 2000. L'Informatore Agrario N° 14: 9-11.
- Gatica V., Pret S. y Zúñiga S., 2000.** Los sistemas agroforestales en la pequeña propiedad del secoano. Ed. INFOR. Santiago, Chile. 86 p.
- Gazzetta Ufficiale delle Comunità Europee, 1999.** Regolamento (CE) N° 1257/1999 del Consiglio. sul sostegno allo sviluppo rurale da parte del Fondo Europeo Agricolo di Orientamento e di Garanzia (FEOGA) e che modifica ed abroga taluni regolamenti.
- Gordon, M. and Newman, S.M., 1997.** Temperate agroforestry systems. CAB International.
- Hearne Hardwoods, 2005.** Consultado en <http://www.hearnehardwoods.com/Inventory/olivetree.html> el 4/12/2005.
- HiperNatural, 2007.** Naranja. Consultado en línea en <http://www.hipernatural.com/es/pltnaranja.html> el 4/6/2007.
- ICRAF, 1982.** What is agroforestry. Agroforestry Systems 1: 7-12.
- INRA, 2006.** Des fruitiers pour les plantations forestières. Consultado en línea en <http://www.toulouse.inra.fr/centre/centre/site/imphtm.php3?page=c5pageng@c5pageg1> el 6/6/2006.
- Iraira, S. y Ponce, M., 2001.** Cultivos asociados a álamos y sus interacciones en la zona sur de Chile. En: Mejoramiento de la rentabilidad del álamo a través de cultivos asociados. Fraga, A. y Tapia, F. (eds.). INIA/FDI. Boletín INIA N° 64. Chillán, Chile.
- Labenne, M., 2006.** Consultado en línea en <http://users.belgacom.net/peinturedecorative/2bois/french/64citronnier.html> el 4/3/2006.
- Loewe M.V.; González O.M. 2003.** El injerto alto, técnica que permite producir madera y fruta de calidad en forma simultánea. II Seminario Investigación y Desarrollo Forestal en la Pequeña Propiedad. Concepción, Chile. Mayo 2003.
- Loewe, M.V. y González, O.M. , 2006.** Plantaciones Mixtas. Un modelo productivo con potencial para Chile. INFOR-FIA, 299 p.
- Loewe, M.V. (Ed.), 2003.** Perspectivas para el desarrollo de la arboricultura para producción de madera de alto valor en Chile. INFOR-FIA, 289 p.
- Loewe, M.V., 2007.** Plantaciones mixtas, innovando en la producción de maderas valiosas. INFOR-FIA, 14 p.
- Lumber Yard, 2006.** Consultado en línea en <http://www.dlumberyard.com/WoodD8.htm#swisspear> el 8/11/2006.
- Nair, P.K.R., 1993.** An Introduction to Agroforestry. Kluwer Academic Publishers, Netherlands.

**Galdames, D., 2003.** Monografía del Ciruelo.

**Plath, O., 2008.** Juegos de los Chilenos. Universidad de Chile. <http://www.oresteplath.cl/antologia/juegydiv2.html> el 4/3/2008.

**Pontificia Universidad Católica (PUC), 2006.** Ciruelo Europeo. Operaciones Aplicadas V. Consultado en línea en <http://www.geocities.com/Athens/Sparta/4704/ciruelo.htm> el 10/10/2006.

**Pontificia Universidad Católica (PUC), 2007.** Manzana. Operaciones Aplicadas V. Consultado en línea en <http://www.geocities.com/Athens/Sparta/4704/manzana.htm> el 4/4/2007.

**Pontificia Universidad Católica (PUC), 2008.** Limonero. Operaciones Aplicadas V. Consultado en <http://www.geocities.com/Athens/Sparta/4704/limonero.htm> el 14/7/2008.

**Revista de la Investigación Europea (REI), 2004.** Revista Electrónica I+DT Info N° 43. Consultado en línea en [http://ec.europa.eu/research/rtdinfo/43/print\\_article\\_1656\\_es.html](http://ec.europa.eu/research/rtdinfo/43/print_article_1656_es.html) el 4/5/2005.

**Rincones del Atlántico, 2007.** El Almendro. Consultado en <http://www.rinconesdelatlantico.com/num2/almendro.html> el 10/10/2007.

**Sorel, J., 2007.** Maderas Europeas. Consultado en <http://www.sorel-recorders.nl/woods/w01europeanS.html> el 5/7/2007.

**Sotomayor, A., García, E., Vargas, V., Silva, S., Luengo, K., González M. y Figueroa, C., 2003.** Modelos agroforestales para la recuperación y conservación de suelos degradados. Informe Proyecto INDAP/INFOR Modelos Agroforestales para un Desarrollo Sustentable de la Agricultura Familiar Campesina. 91p.

**Steirer Parkett, 2008.** Catálogo de productos. Consultado en línea en [http://www.steirerparkett.at/cms/fileadmin/kataloge/PKaf\\_SP.pdf](http://www.steirerparkett.at/cms/fileadmin/kataloge/PKaf_SP.pdf) el 10-05-2008.

**USDA Forest Service, 1995.** *Malus sylvestris* English. Consultado en línea en <http://www2.fpl.fs.fed.us/TechSheets/HardwoodNA/htmlDocs/maluseng.html> el 8/11/2006.

**USDA Forest Service, SF.** Consultado en línea en <http://www2.fpl.fs.fed.us/TechSheets/HardwoodNA/htmlDocs/maluseng.html> el 9/5/2006.

**Van Noordwijk, M. and Purnomosidhi, P., 1995.** Root architecture in relation to tree soil crop interactions and shoot pruning in agroforestry. *Agroforestry Systems* (30): 161-173.

**Zhanxue, Z., Shoupo, L., Xuezheng, G., Zhenku, L. and Jinxian, Y., 1991.** Intercropping with *Populus tomentosa* and its beneficial effects. Pp. 109-112. In: *Agroforestry systems China*. Ed. Zhaoaug Z.; Mantang C.; Shiji W.; Youxu J. 217 p.



---

# LA PROTECCION FITOSANITARIA FORESTAL, SUS FORMAS DE CONTROL Y EL AUMENTO DE LA PRESENCIA DE LOS PROBLEMAS FITOSANITARIOS FORESTALES EN CHILE.

Oswaldo Ramírez Grez y Claudio Goycoolea Prado. Controladora de Plagas Forestales SA., Chile, oramirez@cpf.cl, cgoycoolea@cpf.cl

---

## RESUMEN

En la primera parte de este trabajo se hace una descripción de los objetivos, las características y los factores a tomar en cuenta en la protección fitosanitaria forestal y de la importancia que esta reviste.

A continuación se hace una reseña histórica de la presencia de los problemas fitosanitarios en el país en las plantaciones forestales, desde antes de la década de los setenta hasta el año 2005.

Se menciona las instituciones involucradas en el control de este tipo de problemas fitosanitarios forestales, cuáles son las formas de control, destacando la importancia del Manejo Integrado de Plagas (MIP).

Finalmente, en las conclusiones, se sugiere algunas medidas para no globalizar los problemas fitosanitarios forestales en Chile.

## SUMMARY

Objective description, main characteristics and relevance of forest health protection are reviewed in this paper.

Further on, an historical review on the presence of phitosanitary forest problems in Chile, since the 70's, is included

Institutions involved in the control of pests and diseases and the control ways are mentioned with emphasis on the integrated plagues management.

Finally, some measures for not globalizing forest phitosanitary problems in Chile are suggested.

## INTRODUCCIÓN

En las últimas décadas Chile ha tenido un importante desarrollo en la actividad forestal, pasando a constituir un sector dinámico y en expansión, aportando importantes recursos a la economía nacional y registrando montos de exportaciones de US\$ 3.560 millones en el año 2005.

Desde los años setenta el sector estatal y el sector privado han llevado a cabo grandes programas de forestación, que han permitido bajar la presión sobre el bosque nativo y recuperar suelos que se estaban degradando por la erosión.

Para mantener el éxito alcanzado, ha sido necesario desarrollar áreas que por ser menos llamativas inicialmente, no habían tenido la dedicación suficiente. Este es el caso de la protección sanitaria forestal, que posee la característica de ser un "incendio sin humo", ya que las pérdidas provocadas por agentes dañinos, en muchos casos, se observan sólo al momento de la cosecha.

En la actualidad, esta actividad ha sido necesario enfrentarla, tanto por el ingreso de nuevas plagas al país, como por las dificultades a la exportación de los productos forestales en algunos casos.

## OBJETIVOS

El sector forestal se ha fijado en el tema de la protección fitosanitaria forestal los siguientes objetivos:

Disminuir a niveles ecológicos, económicos y/o sociales sustentables, las pérdidas provocadas por plagas y enfermedades relevantes, en el bosque y en los productos forestales.

Contribuir a facilitar la comercialización internacional de productos primarios del bosque, mediante el cumplimiento de los crecientes requisitos fitosanitarios exigidos por los países importadores.

## PROTECCIÓN FITOSANITARIA FORESTAL

### Características

Teniendo en consideración los objetivos señalados, es importante indicar que la protección sanitaria forestal, posee las siguientes particularidades, que la caracterizan y la diferencian de la protección agrícola:

La producción forestal es de largo plazo y, por lo tanto, los bosques y las plantaciones se encuentran sometidos a presiones negativas de agentes dañinos (uno o varios), por mucho tiempo. Además, en la gran mayoría de las oportunidades, el producto más

importante del bosque se obtiene a la cosecha.

Generalmente, las superficies cubiertas con bosques son extensas, lo que hace que se deba programar acciones de control de plagas y enfermedades para grandes áreas, las que normalmente deben ser tratadas en corto tiempo, debido a que un agente dañino bien adaptado al hospedero, puede extenderse rápidamente.

La altura y el volumen de copa que alcanzan los árboles, implica una complejidad técnica, tanto en las labores de prospección como de control.

Los bosques y plantaciones forestales a menudo se encuentran en lugares de difícil acceso y que presentan topografía accidentada, lo que encarece las labores de control.

Es difícil estimar las pérdidas; numerosos agentes dañinos provocan una pérdida que es acumulativa en el tiempo y ésta queda de manifiesto al momento de ejecutar la cosecha o corta de los árboles, lo que dificulta la decisión de destinar recursos para la protección de los bosques y plantaciones.

La mayoría de los daños son poco llamativos a simple vista, debido a que muchas lesiones provocadas por plagas y enfermedades no provocan la muerte de los árboles y éstos, pasado el ataque de la temporada, recuperan su follaje y coloración, quedando, como consecuencia, una deformación o sólo una reducción en el ritmo de crecimiento, haciendo difícil justificar las inversiones en control.

El combate de las plagas y enfermedades requiere de conocimientos especializados, en variados temas, como la biología de los agentes dañinos y de sus hospederos; la relación de estos agentes con el bosque y su ecosistema; el ecosistema forestal y la silvicultura; métodos de evaluación de poblaciones (biología, epidemiología, otras), de daño, de pérdidas de productividad, de pérdidas económicas, etc., y estrategias y tácticas de control.

Las características descritas hacen que la protección sanitaria forestal sea una rama especializada de la protección fitosanitaria y, por ello, deba enfrentarse con una organización y estructuras adecuada a su condición singular.

En la medida que se avance en la silvicultura, tanto de las plantaciones como del bosque nativo, será necesario actuar en la protección sanitaria, utilizando diversas herramientas, entre otras silvícolas, para disminuir el riesgo y pérdidas por el desarrollo de plagas y enfermedades.

La actividad forestal es actualmente una importante fuente de recursos para Chile y cada vez recibe mayores amenazas, tanto por el ingreso de plagas que pueden afectar la productividad de los bosques, como así también, por las trabas al comercio internacional de productos forestales. En los últimos años han ingresado 11 plagas forestales de importancia.



## IMPORTANCIA

La protección sanitaria forestal es una disciplina relativamente nueva en Chile, la que ha venido tomando importancia a partir de 1985 y aún es necesario desarrollarla y fortalecerla.

En la medida que se hace un manejo más intensivo de las especies forestales es necesario actuar en la protección sanitaria forestal, para disminuir el riesgo de pérdidas económicas, ecológicas o sociales.

La protección sanitaria forestal es parte de la silvicultura y cada día son menos tolerables las pérdidas que pueden provocar las plagas y enfermedades.

Actualmente el proteccionismo de algunos países y el resguardo de su condición fitosanitaria, ponen trabas al comercio internacional, aduciendo subvenciones estatales a la producción y comercialización o por resguardo de su estado fitosanitario.

Debido a lo anterior es importante contar en el país y en las empresas forestales con un programa de protección fitosanitaria eficaz y eficiente, pero a su vez creíble por los países o empresas importadoras.

## FACTORES A CONSIDERAR

Los agentes dañinos no respetan los límites prediales.

Incremento del intercambio entre países.

Superficies extensas cubiertas con una sola especie.

Largos periodos de producción (recuperación de la inversión al final de la rotación).

Altura de los árboles y volumen de copa.

Topografía accidentada.

Difícil acceso a la mayoría de las plantaciones forestales.

Daños poco visibles a simple vista.

Dificultad en la aplicación y evaluación de las diferentes tácticas de control.

Dificultad en la evaluación de pérdidas.



## PRESENCIA DE PROBLEMAS FITOSANITARIOS EN CHILE

### Antes de la Década de los Setenta

Cuando en el país no existía una superficie muy grande de plantaciones de pino, antes de la década de los setenta, hay reportes de tres problemas fitosanitarios importantes: uno es el tizón apical (*Sphaeropsis sapinea*) detectado en el año 1942, el otro es la cuncuna espinuda (*Ormiscodes cinamomea*) detectada en 1944 y un tercero es detectado en el año 1965 el tizón banda roja (*Dothistroma pini*).

En esos años Chile era considerado una isla ecológica aislada por la Cordillera de Los Andes, el Océano Pacífico, el Desierto de Atacama y el Polo Sur, por lo tanto la asignación de recursos en estas materias era muy baja y no se gastaba cantidades importantes.

### En la Década de los Setenta

En esta década se detecta en el año 1973 el taladrador del eucalipto (*Phoracantha semipunctata*) y en el año 1977 el pulgón del abeto (*Adelges piceae*)

### En la Década de los Ochenta

En el año 1981 son detectados los escarabajos de la corteza *Hylastes ater*, *Hylurgus ligniperda* y *Orthotomicus erosus* en la Región de Valparaíso.

Además es detectado en el año 1985 el principal problema fitosanitario forestal encontrado ahora, la polilla del brote del pino (*Rhyacionia buoliana*). Esta plaga marcó un "antes" y un "después" en lo que a protección fitosanitaria se refiere en el país.

A partir de la detección de la polilla del brote del pino (*Rhyacionia buoliana*), los sectores estatal y privado se dedican a reproducir masivamente en los laboratorios creados para estos efectos, un parásito de larvas denominado *Orgilus obscurator* que cumple con varias características importantes que lo transforman en un enemigo natural eficaz de la polilla del brote, debido principalmente a la compatibilidad ecológica entre la plaga y el biocontrolador, la sincronización de ciclos de vida de ambos, la alta capacidad de búsqueda de parte del biocontrolador, la carencia de agentes hiperparásitos que se alimenten del biocontrolador, la facilidad de crianza de ester en laboratorio y su buen potencial de reproducción.

Como resultado de esta acción, se logró en pocos más de 10 años cubrir con el biocontrolador grandes superficies y con resultados espectaculares de control, que hacen que en la actualidad no sea necesario llevar a cabo acciones de control y que la plaga polilla del brote sea sólo un recuerdo y un desafío superado, encontrándose actualmente niveles de parasitismo del biocontrolador muy altos entre las Regiones del Maule y Los Lagos y niveles de la plaga en consecuencia muy bajos.



## En la Década de los Noventa

En esta década son detectados afectando las plantaciones de pino, en el año 1992 los palotes (*Bacunculus phyllopus*), en el año 1994 el bicho del cesto (*Tanatopsyche chilensis*) y en el año 1996 la langosta verde (*Antandrus viridis*) y la langosta café (*Coniungoptera nothofagi*).

Afectando plantaciones de eucalipto, en el año 1997 es detectada la aparición de otra especie de taladrador en la Región Metropolitana, *Phoracantha recurva*, y en el año 1998 es detectado el gorgojo del eucalipto (*Gonipterus scutellatus*) en la Región de Valparaíso, y en todo el país es detectado en el año 1999 el psilido del eucalipto *Cteranytaina eucalypti*.

Para todas estas plagas se opta por el control biológico y es así como importantes logros se consiguen con la introducción del biocontrolador de la plaga el taladrador del eucalipto (*Phoracantha spp.*), plaga que provoca anillamiento y muerte del árbol. Para esto, SAG (Servicio Agrícola y Ganadero) y CPF-SA (Controladora de Plagas Forestales SA) traen desde Sudáfrica el parásito de huevos *Avetianella longoi* y lo liberan entre la Región Metropolitana y la Región de Los Lagos.

Para el control del gorgojo del eucalipto (*Gonipterus scutellatus*), en la Región de Valparaíso, plaga que provoca pérdida de incremento volumétrico anual, defoliación del tercio superior del árbol y malformación del fuste, SAG y CPF-SA traen desde Sudáfrica al país el biocontrolador de huevos (*Anaphes nitens*), consiguiendo resultados muy promisorios con altos niveles de parasitismo, que permiten lograr que la plaga no se extienda al resto del país, por al menos seis años. Sin embargo, posteriormente esta plaga se difundió y está presente en las Regiones de La Araucanía a Los Lagos.

Siempre privilegiando el control biológico por sobre otro tipo de control, muy exitoso resulta el programa que trae desde Perú, el biocontrolador del psilido del eucalipto (*Cteranytaina eucalypto*), que provoca la desecación paulatina de ápices, brotes y hojas sésiles, causando pérdida de plantas en viveros y plantas jóvenes. SAG y CPF-SA introducen el parásito de ninfas *Psyllaephagus pilosus*, lo liberan entre las Regiones de Coquimbo y Los Lagos y en dos años prácticamente logra bajar la población de la plaga, a niveles que no causan daño económico.

## En el Nuevo Milenio

En el año 2000 es detectada la plaga avispa de las Salicáceas (*Tremex fuscicornis*) afectando plantaciones de álamo en la Región Metropolitana.

Para su control en un esfuerzo conjunto del SAG y CPF-SA, se trajo a Chile desde China, el parásito *Megarhyssa parcellaeus* biocontrolador de la plaga, la avispa de las Salicáceas, *Tremex fuscicornis*, que afecta a los Géneros *Populus* y *Salix* liberándose éste en la Región Metropolitana y en la Región de Valparaíso, en el año 2002, lográndose promisorios resultados. En la actualidad INFOR encabeza un proyecto que apunta al Manejo Integrado de la plaga, con énfasis en el control biológico, donde también participa activamente SAG.

En el año 2001 es detectada la plaga avispa taladradora de la madera (*Sirex noctilio*) afectando las plantaciones de pino en las Regiones de Valparaíso y Los Lagos. En el año 2002 se la detecta también Región de La Araucanía.

Para su control y mucho antes que se la detectara en el país, se importa desde Brasil en conjunto con el SAG, y se mantiene criopreservado en los Laboratorios de CPF-SA, el nematodo *Deladenus siricidicola*. Este controlador biológico de la avispa que esteriliza sus hembras, permite al país estar preparados para hacer frente a la plaga cuando sea necesario, privilegiando una vez más el control biológico.

Cabe señalar que dicha plaga en la actualidad, se encuentra en etapa de erradicación en el país, a través de un esfuerzo conjunto entre el sector forestal privado y el SAG en las Regiones de La Araucanía y Los Lagos.

Se da comienzo al programa de control biológico de la avispa taladradora de la madera del Pino (*Sirex noctilio*) en Argentina, en el marco de un programa binacional SAG-SENASA, mediante la inoculación del nematodo *Deladenus siricidicola*, para disminuir la presión de ingreso desde Argentina de esta importante plaga al país, lográndose al cabo de tres años muy buenos niveles de parasitismo.

También durante el año 2001 es detectado en viveros el hongo pitch canker (*Fusarium circinatum*) en la Región del Bio Bio, el que posteriormente es detectado también en la Región del Maule y en la Región de Los Lagos.

En el año 2002 es detectado el psilido de los eucaliptos rojos (*Glycaspis brimblecombei*) en las Regiones de Valparaíso y Metropolitana. Para su control es introducido desde México, el biocontrolador de ninfas *Psyllaephagus bliteus*.

En el año 2003 en eucalipto es encontrada la plaga denominada avispa de las agallas (*Ophellimus spp*), en la Región de Valparaíso, y el pulgón del ciprés (*Cinara cupressi*), en la Región de Arica y Parinacota.

En el año 2005 es detectada la microavispa *Perilampus tristis* asociada al biocontrolador de la plaga polilla del brote del pino *Orgilus obscurator* en la Región del Bio Bio.

## INSTITUCIONES INVOLUCRADAS

### Servicio Agrícola y Ganadero (SAG)

Su misión es apoyar el desarrollo de la competitividad, sustentabilidad y equidad del sector silvoagrícola, a través de la protección, mantención y mejoramiento de la condición de estado de los recursos productivos.

Sus tareas son:

**Mantener y mejorar la situación fito y zoonosanitaria nacional.**

**Proteger, mantener y acrecentar el estado y la condición de los recursos naturales renovables.**

**Contribuir a consolidar y profundizar la inserción internacional del país.**

**Consolidar, extender e implementar el proceso de certificación de la fito y zoonosidad, la inocuidad y otros atributos** de productos de origen vegetal y animal de exportación, entregando el respaldo oficial exigido por los mercados de destino.

**Implementar aspectos de calidad agroalimentaria relacionados con productos de origen animal y vegetal e insumos** de la agricultura, de acuerdo a lo establecido en las normas legales y reglamentarias asignadas al Servicio, contribuyendo al desarrollo agropecuario del país.

**A través de la Unidad Vigilancia y Control de Plagas Cuarentenarias Forestales y Exóticas Invasoras** refuerza la prevención de plagas forestales, de manera tal de aumentar la eficacia y eficiencia de su detección y control, así como de especies exóticas invasoras que afecten los árboles y productos forestales, con un criterio de riesgo mínimo para los ecosistemas forestales y el medioambiente.

Además, desarrolla, administra y aplica los Sistemas Nacionales de Vigilancia Fitosanitaria Forestal y de Control Fitosanitario Oficial de plagas cuarentenarias y especies exóticas invasoras, en las formaciones forestales, productos derivados de los árboles y, especialmente, en los embalajes y material de acomodación de maderas provenientes del extranjero.

#### **Corporación Nacional Forestal (CONAF)**

Su misión es administrar la política forestal de Chile y fomentar el desarrollo del sector.

Sus tareas:

Velar por que el patrimonio forestal nacional se mantenga lo más libre de plagas posibles.

Preocuparse de los problemas presentes en el país.

## Controladora de Plagas Forestales SA (CPF-SA)

A fines del año 1992, el sector privado ve con profunda preocupación que el tema del control de la plaga polilla del brote del pino (*Rhyacionia buoliana*) no va a ser resuelto sin una buena coordinación y se decide reforzar el programa de control biológico, aumentando significativamente la producción del biocontrolador *Orgilus obscurator*, para lo cual es necesario implementar varios laboratorios que produzcan masivamente dicho agente.

Ante lo cual se decide crear la Empresa Controladora de Plagas Forestales S.A., cuya misión es ser la entidad que por excelencia facilite el control de las plagas a sus empresas socias, a través de la producción de elementos y el otorgamiento de servicios destinados a proteger y mejorar el cultivo y desarrollo de las especies arbóreas.

Su creación se fundamenta en que:

Es necesaria la mayor integración, desarrollo e intercambio de conocimientos especializados, debido a que las plagas y enfermedades no respetan fronteras administrativas y deben ser abordadas con un sentido integrador entre todos los propietarios forestales, indistintamente de su patrimonio.

Se requiere de conocimientos especializados para lograr ser competitivos en el mercado nacional e internacional y al que concurren el mayor número de propietarios forestales.

La concertación de esfuerzos y recursos, junto con el manejo técnico profesional de los mismos, es la mejor y única alternativa que permite a las empresas atender eficazmente el problema.

El manejo técnico profesional impone la absoluta necesidad de atender el problema con criterios exclusivamente científicos, con prescindencia de los intereses particulares de cualquiera de los integrantes del grupo.

Esta empresa ha logrado producir biocontroladores en grandes cantidades y a menores precios; desarrollar Programas de Capacitación, de Transferencia Tecnológica, de Extensión y Difusión conjunta, lo que ha permitido llevar a cabo en forma coordinada las acciones de control y de investigación, logrando consolidar y compartir información técnica y realizar convenios internacionales y nacionales en materias fitosanitaria forestales, lo que redundo en un ahorro importante en el control de las plagas y enfermedades, y en un menor plazo que si se trabaja en forma separada, más aún si se trabaja proactivamente antes que los agentes dañinos ingresen al país.

También al actuar mancomunadamente, se disminuye el riesgo y pérdidas por plagas y enfermedades por el uso de conocimiento especializado. Se puede trabajar preventivamente en el mediano plazo para disminuir los daños causados por plagas. Se logra el traspaso de información técnica a pequeños y medianos propietarios, disminuyendo así el riesgo de que se conviertan en entes "propagadores de plagas".



Todas las experiencias que se ha desarrollado en el país por CPF-SA, trabajando mancomunadamente con el SAG, permiten concluir que el control biológico es la herramienta más eficaz en el control de las plagas forestales, que se debe actuar proactivamente ante aquellas plagas potenciales y mantenerse alerta a cambios de situación de aquellas plagas presentes.

Otro aspecto importante de concluir, es que con la creación de CPF-SA por el sector privado forestal se facilitó enormemente abordar los temas de plagas al afrontar adecuada y masivamente un problema común que requiere de la participación de todos.

### Otras Instituciones

**Instituto Forestal (INFOR):** Su principal objetivo es investigar, generar información y transferir a los agentes públicos y privados conocimientos científicos y tecnológicos que favorezcan el manejo sustentable de las masas forestales en pequeños y medianos propietarios.

**Corporación Chilena de la Madera (CORMA):** Uno de sus tantos objetivos es contribuir a facilitar la exportación de productos forestales chilenos, apoyando y proponiendo diferentes acciones en el ámbito fitosanitario.

**Comisión Asesora en Sanidad Forestal del SAG:** Organización creada a comienzos del año 2000, trata los problemas fitosanitarios forestales cuarentenarios de distintos puntos de vista, para lograr definir de mejor forma las acciones a seguir.

### FORMAS DE CONTROL Y MANEJO INTEGRADO

El buen manejo de una plaga o enfermedad depende principalmente de una detección y diagnóstico oportuno, es por eso que es necesario vigilar cualquier anomalía que presenten las plantas o árboles las plantaciones. Esto requiere de un adecuado conocimiento de la fenología de las especies forestales objetivo.

El manejo integrado de plagas es un concepto que empezó a ser usado en la década de los ochenta. Tiene varias definiciones, pero todas ellas tienen algunos elementos comunes:

Proteger los recursos, con prioridad en medidas preventivas.

El problema de plagas es un problema ecológico, que requiere soluciones ecológicas.

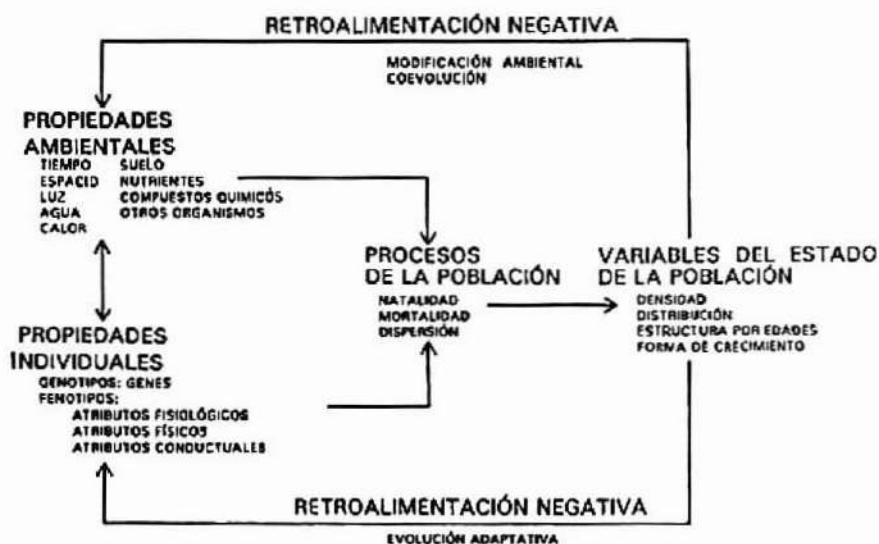
Usa una estrategia de manejo de las plagas donde combina todas las tácticas disponibles y compatibles. Se potencia el uso de los agentes biocontroladores.

El manejo de la plaga tiene el objetivo de mantener las poblaciones de esta a niveles tolerables económica, ecológica y socialmente.

El principio tiende a manejar las poblaciones, más que a eliminarlas.

Las prácticas de manejo de plagas deben tender a afectar en el menor grado posible el ambiente manteniendo la sustentabilidad del recurso.

El Manejo Integrado de Plagas (MIP) es una componente del manejo sustentable de un recurso forestal, es una aproximación sistemática y ecológica para evaluar y monitorear plagas, con el objeto de prevenir o manejar las plagas para que su daño no excede los valores aceptables, económica, ecológica y socialmente, el MIP ayuda a combinar los métodos biológicos, regulatorios y sintéticos en un plan estratégico que favorece los enemigos naturales y mantiene las plagas dentro de niveles tolerables.



### Componentes básicos de un sistema de población. (Modificado de Berry-man, 1981, 1982.)

En el MIP es habitual manejar algunos conceptos comunes tales como:

**Umbral de Percepción o Detección:** El nivel de la plaga (densidad de población) o daño al cual la plaga o enfermedad es detectable.

**Umbral de Advertencia:** Este umbral avisa al silvicultor que debe prepararse para iniciar el control.

**Umbral de Acción o Umbral de Daño:** Es el nivel población o de daño que indica que si no se inician de inmediato las acciones de control, se producirá un daño económico.

Respecto de las prospecciones que se considera en el Manejo integrado de plagas estas son las siguientes:

#### Prospección Terrestre

Prospección sistemática.  
Prospección no sistemática.  
Prospección dirigida.  
Prospección no dirigida.

#### Prospección Aérea

Via aeronaves.  
Vía satélite.

Las tácticas de control que se considera son:

#### Tácticas de Control de Regulación de Poblaciones

Control silvícola  
Control genético  
Control biológico

#### Tácticas de Control de Modificación de Poblaciones

Control por árbol cebo  
Raleo o cosecha sanitaria  
Control por caza  
Control químico

Todos los esfuerzos del sector forestal apuntan al uso del control biológico por ser la herramienta más eficaz para el combate de las plagas en las plantaciones, porque es seguro para el medio ambiente, no provoca daños colaterales, no producen resistencia en la plaga, su costo beneficio es mayor, es altamente específico, además que no producen daño a los insectos que actúan como depredadores naturales, se puede ingresar libremente una vez aplicado, no habiendo período de espera, por lo que en la actualidad es muy apreciado por los silvicultores y público en general.

Se debe tener presente que, si bien es cierto la inversión inicial en los programas de control biológico es importante, en el mediano y largo plazo resultan altamente rentables, por ser un control que es permanente en el tiempo.

El ingreso y establecimiento de plagas cuarentenarias depende de:



Disponibilidad de alimentos (hospedante).

Condiciones climáticas adecuadas y homogéneas con aquellas que dejó en el lugar de procedencia.

Densidad de población o inóculo inicial que le permita al inmigrante encontrarse con el sexo opuesto para reproducirse o producir la infección en su hospedero.

Ausencia de competidores importantes y de enemigos naturales que depriman su población, por lo menos en las primeras instancias del establecimiento.

Número de generaciones o forma de reproducción.

Las vías de ingreso y establecimiento de plagas cuarentenarias y algunos factores que favorecen el ingreso son:

Embalajes

Productos

Plantas

Barcos

Pallets

Personas

Rápida expansión de la economía global.

Menor restricción a las barreras comerciales.

Medios de transporte rápidos y eficientes.

Movimiento generalizado de grandes volúmenes de toda clase de productos.

Uso de grandes contenedores cerrados.

Medidas restrictivas para el uso de controles químicos.

## CONCLUSIONES

Ante el aumento de la detección de plagas y enfermedades forestales en el país, en estos últimos años, se debe tomar todas las medidas necesarias que apunten en un mundo globalizado, a no globalizar los problemas fitosanitarios forestales, buscando implementar las principales medidas siguientes, para disminuir su presencia en Chile:

Establecer normativas para importaciones.

Monitoreo continuo.

Trabajo conjunto Empresa Forestal y Estado (SAG)

Leyes que permitan un buen manejo de las plagas.

Capacitación de transportistas y turistas.

Ranking de principales problemas fitosanitarios cuarentenarios.

Acuerdos bilaterales.

Armonización fitosanitaria Internacional entre países.



---

## PRODUCCIÓN DE MIELES DIFERENCIADAS EN LA REGION DE COQUIMBO<sup>1</sup>

Patricio Rojas, Ingeniero Forestal Mg. Instituto Forestal, Sede Diaguitas, La Serena, Chile. parojas@infor.gob.cl

---

### RESUMEN

Se estima que la cadena apícola genera una cifra de negocios de US\$ 23 a 43 millones FOB, donde la miel, con una producción nacional de 7 a 11 mil toneladas, y los otros productos de la colmena aportan cerca de dos tercios y los servicios de polinización el otro tercio.

Más del 80% de la miel producida en el país se exporta y casi la totalidad de los envíos, más del 95%, corresponde a miel a granel. Según la estrategia de la Mesa Apícola una opción para mejorar la rentabilidad del negocio es incorporar calidad e innovación a los procesos productivos, posicionándose en los mercados con una miel diferenciada, cuyos precios en los mercados internacionales pueden duplicar el precio de la miel a granel, considerada en la actualidad un *commodity*.

INFOR y las entidades participantes están iniciando un proyecto recientemente adjudicado por INNOVA – CORFO, que tendrá una duración de tres años, y que apunta a fortalecer la actividad apícola en la Región de Coquimbo, mejorando e innovando procesos para la producción y caracterización de mieles diferenciadas y de esta forma desarrollar nuevos mercados domésticos e internacionales. Entre las mieles diferenciadas a producir se citan las orgánicas, las de origen (que correspondería a mieles procedentes de una determinada zona, Elqui, Limarí o Choapa) o por origen botánico (mieles monoflorales de *Eucalyptus globulus* y *E. cladocalyx*).

## DIFFERENTIATED HONEY PRODUCTION IN THE REGION OF COQUIMBO

### SUMMARY

It is estimated that the apiculture chain generates 23 to 24 million US \$ FOB, where 7 to 11 thousand tons of honey and other products from the beehive represent about two thirds and pollination services the other third.

More than 80% of the honey produced in the country is exported and over than 95% of the consignments are in bulk. According to the Apiculture Committee's strategy an opportunity to improve the business incomes is to add quality and innovation to the process in order to get a

---

<sup>1</sup> Participan en el proyecto: Empresas Públicas y Privadas, Asociaciones Gremiales y Comunidades Agrícolas Asociadas; AMDEZA LTDA. / APIHURTADO / APINORT / Colmenares Peñuelas / Comunidad Agrícola Cuz-Cuz / Comunidad Agrícola Tunga Norte / CONAF-IV Región / SAG-IV Región / Hacienda Caracas / INDAP-IV Región / SEREMI AGRICULTURA-IV REGION

better position on the international markets, through a differentiated honey with prices that could double the bulk honey one, considered nowadays a commodity.

INFOR and the associates entities are beginning the development of a project recently granted by the INNOVA – CORFO I&D funds. The project is focused to strengthen the apiculture activity in the Coquimbo Region by the improvement of the differentiated honey production and characterization processes and this way advance to the development of new domestic and international markets. As differentiated honeys could be mentioned organic honeys, origin zone honeys (i.e. determinate zones like Elqui, Limarí, Choapa) and those with botanical origin (i.e. single flower honeys; *Eucalyptus globulus*, *Eucalyptus cladocalyx*, others).

## INTRODUCCIÓN

Se propone el desarrollo de un proyecto tecnológico orientado a la obtención de una miel diferenciada, con identidad de origen, destinada a segmentos del mercado de alto poder adquisitivo. Para esto se cuenta con un entorno apropiado según la apuesta estratégica de la cadena apícola nacional, que señala la oferta exportable de mieles inocuas y crecientemente diferenciadas como una de sus prioridades. Actualmente la vinculación de los apicultores al mercado es de manera atomizada, con poca capacidad de negociación y de articulación con otros productores del mismo rubro, con bajos márgenes de utilidad y tecnologías de menor costo. Este gran atraso tecnológico en la producción apícola de estas regiones, se refleja a través de bajos niveles de productividad (promedio nacional de 25 kilos por colmena).

La apicultura regional ha sido una actividad con escaso desarrollo, liderada por productores con escasa experiencia técnica y productiva, lo que ha llevado al Ministerio de Agricultura a iniciar un apoyo importante al rubro, tanto en capacitación como en inversiones. En la Región de Coquimbo la actividad apícola se concentra principalmente entre las Provincias de Limarí y Choapa, existiendo un total de 360 productores que poseen 6.000 familias de abejas (colmenas), con una producción promedio de miel en el período 2002-2003 de alrededor de 133 toneladas y con una exportación de 90 toneladas.

La baja productividad por colmena se debe fundamentalmente al modo de trabajo del apicultor, el tipo de colmena que utiliza y el desconocimiento de las técnicas actuales de manejo que le permitirían lograr una producción con buenos márgenes de rentabilidad, atendiendo los aspectos sanitarios y las normas de calidad de producción. Para subsanar esto se debiera trabajar por una parte en la fuente de alimentos (Huertos melíferos) y por otra directamente sobre los principales problemas diagnosticados respecto del proceso de producción, el manejo y las prácticas sanitarias del apiario.

Sin embargo, la actividad apícola a nivel regional está teniendo un importante repunte en estas últimas temporadas, con crecientes exportaciones de este producto a los mercados externos. Las razones que explican este fenómeno son el aumento de la demanda internacional por alimentos naturales, problemas productivos y sanitarios de algunos países y el cambio en los flujos de comercio ocurrido después de las sanciones y restricciones comerciales del tipo impositivo asignadas por Estados Unidos a sus principales proveedores, Argentina y China,

que aún se encuentran en revisión.

Según antecedentes de la Mesa Apícola Regional, existe una significativa variabilidad en la productividad apícola regional, supeditada en parte por la disponibilidad del recurso melífero. La Provincia con mejor desarrollo y productividad corresponde a Choapa, disminuyendo la actividad hacia el norte de la Región.

Los principales problemas y oportunidades que constituyen el entorno del proyecto son:

**Escasez de recurso melífero:** La sustentabilidad en el tiempo del negocio apícola regional está limitada por un recurso escaso, aspecto que se ve agravado durante las épocas de sequía. Para el mantenimiento de colonias sanas y productivas, estas deben verse expuestas a un mínimo de condiciones adversas. No existe un flujo floral nectarario suficiente para sostener la producción de miel en forma permanente, lo que tiene como causa el largo periodo seco que caracteriza a esta región, lo cual se traduce en escasa producción floral (con néctar), especialmente entre los meses de diciembre y julio. Esta situación genera mortandad importante de colmenas y lleva aparejadas otras situaciones como el pillaje. Para evitar o compensar la mortandad, además de reponer las colmenas muertas, se debe alimentar artificialmente a las abejas, lo que impacta negativamente en costos. De no tomarse estas medidas se afectarían los rendimientos. Paralelamente, existen problemas en el manejo de los apiarios, desde el punto de vista de la sanidad, de actividades de extracción de miel y otros.

**Extensas áreas degradadas potencialmente recuperables y aprovechables con recursos forestales melíferos:** Es posible ampliar una base para sustentar el negocio apícola, a través de la forestación productiva con especies exóticas y un mejor conocimiento de estas y de las especies forestales nativas. Esta actividad puede ser apoyada con las bonificaciones que establece la Ley 19.601, de fomento a la forestación y recuperación de suelos degradados.

**Forestación regional orientada hacia la generación de recursos forrajeros:** La forestación en la región ha estado por años basada en una o dos especies arbustivas, especialmente en las Comunidades Agrícolas.<sup>2</sup> Esta actividad podría ser diversificada, con una mayor participación de especies que ofrezcan más alternativas de uso, como energía, apicultura y otros.

**Actividad pecuaria con serias limitaciones económicas y ambientales:** El ingreso familiar de los comuneros está basado en la actividad pecuaria y esta presenta serias restricciones económicas y ambientales. La generación y desarrollo de un negocio apícola sustentable podría colaborar en la diversificación de las fuentes de ingreso.

<sup>2</sup> La tenencia de la tierra en el secano de la Región de Coquimbo, está dominada principalmente por las antiguas Comunidades Agrícolas, cuya actividad principal es la pecuaria. En la actualidad existen 179 comunidades que abarcan el 25% de la superficie Regional con 1.053.788 ha. La comunidad agrícola es una forma de la tenencia de la tierra, de numerosos propietarios, que se caracteriza por reducidos sectores de uso individual y extensas áreas de uso común, que son administradas de acuerdo a las normas establecidas por cada comunidad para el uso de todos los comuneros.

**Degradación de los recursos:** Una característica de la región es la fuerte degradación de los suelos debida principalmente a la sobre utilización o eliminación de la cubierta vegetal debido a la sobrecarga animal y cultivos de cereales de escaso rendimiento y alta dependencia a la ocurrencia de lluvias. Las áreas de secano donde están localizadas las comunidades agrícolas presentan en un 60% de su superficie suelos con erosión moderada a grave.

**Mejoramiento del ámbito productivo:** De acuerdo con el Ministerio de Agricultura, para que este rubro muestre sus potencialidades es indispensable el aumento del número promedio de colmenas por apicultor, aspecto que está fuertemente supeditado a la cantidad y calidad de los recursos melíferos.

## PROYECTO

Se plantea un manejo de la oferta floral a través del diseño y la implementación de huertos melíferos que permitan la producción de nuevas mieles diferenciadas. Estos huertos serán establecidos a través de la selección de especies vegetales de alta calidad melífera y su propagación mediante injertos que permitan una floración precoz y también permanente a través del año, para proporcionar así una oferta floral (néctar y polen) continua a los apicultores y evitar el transporte de las colmenas en busca de floración. Se efectuará una selección de zonas potenciales de desarrollo apícola a partir de la generación de un Sistema de Información Geográfico para la miel, el cual además será instalado en Internet. Se considera además la innovación tecnológica en los procesos de producción de la miel de los apicultores a partir de nuevas técnicas del manejo de los apiarios y del control sanitario.

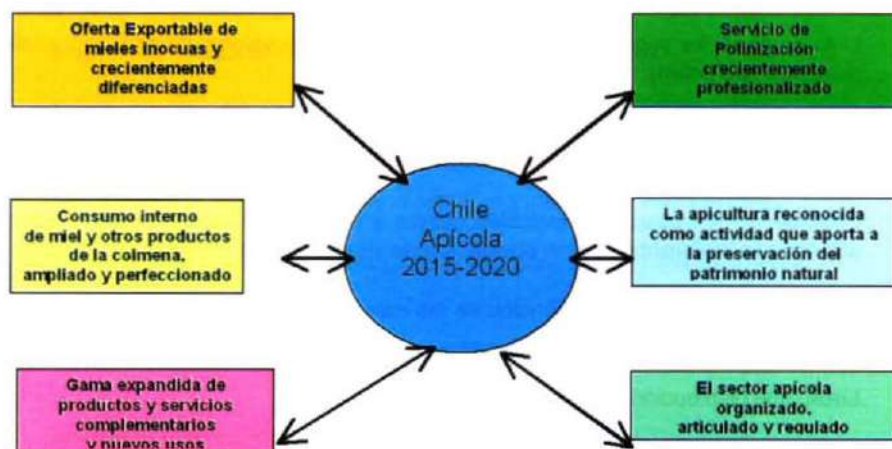
Dada las condiciones económicas y sociales de estos pequeños agricultores es evidente que una actividad apícola adicional, con bajos requerimientos de capital y que no requiere de grandes extensiones de campos, ofrecería oportunidades poco comunes para mejorar el ingreso de la población rural y contribuir a frenar la migración hacia los centros urbanos, en la medida que la apicultura aumente y mejore técnicamente y continúe la expansión del mercado de mieles diferenciadas. Desde la perspectiva del Gobierno Regional este proyecto tecnológico presenta una atractiva y alta rentabilidad social y es coherente con las políticas agroalimentarias que se están impulsando en la región y en el país.

Las mieles monoflorales de *Eucalyptus globulus* y *E. cladocalyx* y la polifloral de origen producida en la Región de Coquimbo se diferenciaría en la oferta de los principales proveedores mundiales por la certificación de su calidad organoléptica y nutricional que le dará ventajas comparativas para ocupar nuevos segmentos del mercado.

Los productos tecnológicos del proyecto apuntan al desarrollo de un protocolo que permita la caracterización de las mieles producidas en la región, a la elaboración de una base de datos con las especies nativas y exóticas de interés melífero, a la implementación de huertos experimentales para la producción de mieles diferenciadas, al desarrollo de un sistema experto predictor del rendimiento para los apicultores, a una política de vigilancia sanitaria y al estudio de la cadena de producción de las mieles diferenciadas.



### LA APUESTA ESTRATEGICA DE LA CADENA APICOLA



## OBJETIVOS

### Objetivo General

Generar innovación y transferencia tecnológica en los procesos de producción de miel a granel<sup>3</sup> para su conversión a mieles diferenciadas, mejorando con esto la competitividad y la rentabilidad del negocio de los apicultores de la IV Región.

### Objetivos Especificos e Indicadores de Efectividad

- Seleccionar según las condiciones bioclimáticas las especies nativas y exóticas con potencial apícola en la Región de Coquimbo.

<sup>3</sup> actualmente un "commodity" en el mercado nacional e internacional, un producto sin valor agregado que sólo se diferencia por el precio (Valor de referencia \$1.000/Kg). El precio de la miel diferenciada puede triplicar este valor.

Información botánica de interés apícola.

Parcelas permanentes de muestreo, en las localidades que presenten un mayor número de especies de interés apícola.

Estudio de relaciones entre dinámica de la fenología y variables climáticas.

Estudios fenológicos con medición sistemática de las fenofases de floración de las especies por sitio.

Mediciones sistemáticas de tasas de visita de las abejas a las flores de distintas especies, registrando también el tipo de actividad de la abeja (recolección de polen, néctar, propóleos).

Lista de especies vegetales que contengan los mejores valores de cantidad y calidad de néctar (y/o polen).

Representación regional (bases SIG) de la información fenológica y de distribución espacial de las especies de interés (pagina web).

Base de datos espacial de especies nativas y exóticas de interés apícola, grado de atracción (o preferencia) de las abejas, aporte y calidad a los productos melíferos.

Cartografía con área de distribución de las especies seleccionadas para la Región de Coquimbo.

Listado de distribución de apiarios en la Región.

- Estudiar la relación entre la apicultura y las condiciones climáticas en la Región de Coquimbo.

Índice de Productividad apícola regional y cartografía asociada.

Definición de sitios prioritarios de desarrollo con fines melíferos en base a variables meteorológicas.

Sistema Experto para predecir producción melífera durante la temporada.

Selección de zonas potenciales para el establecimiento de huertos melíferos.

Selección de sitios para establecimiento de panales.

Sitio Cartográfico en Internet.



- Plantación de huertos melíferos a escala experimental para aumentar la productividad apícola y caracterización de las mieles de la Región de Coquimbo

Selección de nuevas especies de aptitud melífera.

Desarrollo de un protocolo para el establecimiento de huertos melíferos nativos, exóticos y mixtos.

Producción de plantas melíferas: por semillas y propagación vegetativa (año 2)

Ensayos de inducción de floración (año 2).

Uso tecnologías modernas para la producción de mieles diferenciadas.

Indicadores productivos y de desarrollo/actividad de abejas.

Caracterización del origen botánico a través de análisis palinológico y químico de mieles.

Caracterización según composición floral : monoflorales y fraccionadas.

Caracterización de mieles según origen geográfico: Elqui, Limarí y Choapa

- Desarrollo de un programa de vigilancia sanitaria para la producción apícola.

Catastro y Prospección Sanitaria de los Apiarios.

Análisis Sanitario de los Productos Melíferos.

Plan de Transferencia y Difusión de los Resultados.

- Análisis de mercado, comercialización y programa de transferencia tecnológica.

Impacto comercial de la apicultura en la Región de Coquimbo.

Comercialización de miel en la región central de Chile.

El mercado de la miel en la Unión Europea.

Análisis de los instrumentos de fomento.



Selección de grupos objetivos.

Validación del programa de transferencia.

Implementación del programa de transferencia.

---

## 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 EMPRENDIMIENTO 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](mailto: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 atentas 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 m<sup>3</sup>, 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
ENSAYOS DE GERMINACIÓN PARA SEMILLAS DE <i>Pinus pinea</i> L. COLECTADAS EN DOS PLANTACIONES DE LA COMUNA DE PICHILEMU Iván Quiroz M.; Marta González O.; Edison García R. y Germán Charlin D. Chile.	239
CARACTERIZACIÓN DE ÁREAS PRODUCTORAS DE SEMILLAS DE ESPECIES PRIORITARIAS PARA LA DIVERSIFICACIÓN FORESTAL ESTABLECIDAS POR EL INSTITUTO FORESTAL Maria Paz Molina B., Braulio Gutiérrez C., Oriana Ortiz N., Andrés Bello D., Mauricio Navarrete y Juan Carlos Pinilla. Chile.	247
ANÁLISIS DE UN SISTEMA SILVOPASTORAL CON <i>Pinus radiata</i> D. DON ASOCIADO CON GANADO OVINO EN LA ZONA MEDITERRÁNEA COSTERA CENTRAL DE CHILE. Alvaro Sotomayor Garretón y Cesar Cabrera Severino. Chile.	269
DETERMINACIÓN DE LA EDAD DE APROVECHAMIENTO DE INDIVIDUOS DE <i>Prosopis alba</i> MEDIANTE UN MODELO LOGÍSTICO DE INTERCEPTO ALEATORIO PARA INCREMENTOS RADIALES Juárez de Galindez, M.; Giménez, A. M.; Ríos N. y Balzarini, M. Argentina.	287
BIOLOGICAL INFORMATION AS THE BASIS FOR STRATEGIES TO MANAGE ALIEN FOREST PEST SPECIES Andrew Liebhold and Patrick Tobin. USA.	301
MODELACIÓN DE LA DINÁMICA PLAGA-PARASITOIDE-BOSQUE MEDIANTE AUTÓMATAS CELULARES. Valentin Barros, Horacio Gilabert. Chile.	311
PROBLEMAS DE LOS INSECTOS PLAGAS EN CUBA, ESTADO ACTUAL. Haylett Cruz, R. López, M.C. Berrios, N. Triguero e I. Vila. Cuba.	325
<i>Trichoderma harzianum</i> UN BIOCONTROL Y BIOPROMOTOR EN VIVERO DE ESPECIES FORESTALES. Graciela Romero, Alicia Crosara y Amalia Baraibar. Uruguay.	335
EFFECTO DE ONDAS SONICAS EN LA ACCIÓN DE TERMITAS SUBTERRÁNEAS SOBRE PIEZAS DE MADERA DE DIFERENTES ESCUADRIAS. Alejandro Bozo González y José Tomas Karsulovic C. Chile.	347
DETECCIÓN DE PLAGAS FORESTALES EN EL BOSQUE TEMPLADO DEL NORESTE DE MÉXICO MEDIANTE IMÁGENES SATELITALES DE ALTA RESOLUCIÓN. Eduardo Treviño, Gerardo Cuellar, Oscar Aguirre y Javier Jiménez. México.	359
<b>APUNTES</b>	
FACTIBILIDAD DE USO DE FRUTALES DE MADERAS VALIOSAS EN SISTEMAS AGROFORESTALES. Verónica Loewe M. Chile.	369
LA PROTECCION FITOSANITARIA FORESTAL, SUS FORMAS DE CONTROL Y EL AUMENTO DE LA PRESENCIA DE LOS PROBLEMAS FITOSANITARIOS FORESTALES EN CHILE Osvaldo Ramirez Grez y Claudio Goycoolea Prado. Chile.	397
PRODUCCIÓN DE MIELES DIFERENCIADAS EN LA REGION DE COQUIMBO Patricio Rojas. Chile.	411
REGLAMENTO DE PUBLICACION	419



**INFOR**



GOBIERNO DE CHILE  
Ministerio de Agricultura

Volumen 14 N° 2  
Agosto 2008