

# yvyrareta

ISSN-0328-8854

DICIEMBRE 2013 N°20 REVISTA FORESTAL PAIS DE ARBOLES



Universidad Nacional de Misiones – Facultad de Ciencias Forestales

Instituto Subtropical de Investigaciones Forestales – Eldorado – Misiones - Argentina



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE MISIONES**



**FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES**

**INSTITUTO SUBTROPICAL DE INVESTIGACIONES FORESTALES (ISIF)**

**Autoridades**

Rector:

**Mgter. Lic. Javier GORTARI**

Sec. Gral. de Ciencia y Tecnología:

**Mgter. Ing. Mario José MANTULAK**

Decano:

**Mgter. Ing. Oscar Arturo GAUTO**

Vice-Decano:

**Mgter. Ing. Obdulio PEREYRA**

Sec. Académico:

**Ing. Rubén Alberto COSTAS**

Sec. de Ciencia, Técnica y Postgrado

**Mgter. Ing. Ramón Alejandro FRIEDL**

Sec. Extensión:

**Ing. César Luis DE LA VEGA**

Sec. Administrativo:

**Sr. Arturo Raúl LOZANO**

Sec. Bienestar Estudiantil:

**Téc. Gpque. Lucas Rafael LÓPEZ**

Secretaría Técnica:

**Ing. Susana Mariela TERESCZUCH**

Editada por el  
**INSTITUTO SUBTROPICAL  
DE INVESTIGACIONES FORESTALES**  
de la Facultad de Ciencias Forestales

Editor Responsable: Mgter. Oscar Arturo GAUTO

Editor Científico: Mgter. Ramón Alejandro FRIEDL

Editor Técnico: Ing. Susana Mariela TERESCZCUCH / Mgter. Elizabeth María WEBER

Revisión de texto en inglés: Prof. Silvia Graciela MARTINEZ

**EVALUADORES DE ESTE NÚMERO**

- |  |   |
|--|---|
| ➤ Dr. Julio Arce (UFPR, Brasil)            | ➤ Mgter. Estela Pan (FCF, UNSE)                   |
| ➤ Mgter. Alejandro Friedl (FCF, UNaM)      | ➤ Mgter. Lucila Amalia Díaz (FCF, UNaM)           |
| ➤ Mgter. Elizabeth Weber (FCF, UNaM)       | ➤ Mgter. Miguel Ángel López (FCF, UNaM)           |
| ➤ Mgter. Gabriel Keil (FCAyF, UNLP)        | ➤ Mgter. Norma Vera (FCF, UNaM)                   |
| ➤ Mgter. Constantino Zaderenko (FCF, UNaM) | ➤ Dra. Paula Campanello (CONICET, IBS, FCF, UNaM) |
| ➤ Dra. Graciela Gavazzo (FCEQyN, UNaM)     |   |

---

**Foto de tapa y contratapa:** Área Industrial PINDÓ S.A. Puerto Esperanza, Misiones. Foto: Lic. Carolina Iseli

**Diseño:** Ing. Susana Mariela Teresczczuch / Mgter. Elizabeth María Weber

---

La Revista Forestal Yvyrareta es una publicación de la Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad Nacional de Misiones, en la que se dan a conocer resultados de investigaciones en un amplio campo de las áreas científicas forestales y ambientales.

La periodicidad de la misma es anual.

Se imprimen 300 ejemplares

Indizada en LATINDEX

Indizada en CAB ABSTRACTS

ISSN – 0328 – 8854

La Revista no se hace responsable de las opiniones contenidas en los artículos, siendo responsabilidad exclusiva de los autores de los mismos.

Toda correspondencia relacionada a la Revista debe ser dirigida a:

Sr. Editor Científico. Facultad de Ciencias Forestales. Bertoni 124. 3380. Eldorado, Misiones, Argentina.

TE: 054 3751 431780/431526. Fax 054 3751 431766

Email: [isif@facfor.unam.edu.ar](mailto:isif@facfor.unam.edu.ar) Web: [www.facfor.unam.edu.ar](http://www.facfor.unam.edu.ar)

---

# EDITORIAL

---

El Año 2014, encuentra a nuestra institución comprometida en una serie de acciones relevantes, gracias al esfuerzo del personal de la Facultad y de las entidades con las que compartimos nuestro accionar y nos permite estar presentando el número 20 de nuestra revista de divulgación científica Yvyrareta (País de Árboles en Guaraní), el séptimo que concretamos exitosamente en esta gestión, una por año, tal como nos comprometimos.

Completando siete años y fracción, de gestión de nuestra querida Facultad de Ciencias Forestales, resulta oportuno realizar un rápido repaso de los aspectos salientes de nuestro trabajo:

Nuestra filosofía de trabajo fue el de mejorar la calidad académica en todas nuestras carreras, crear nuevas ofertas académicas, acrecentar el involucramiento de los docentes en tareas de investigación y fortalecer la vinculación tecnológica y transferencia al sector productivo.

En el campo Académico, destacamos haber regularizado la situación de las carreras de Ingeniería en Industrias de la Madera y Técnico Universitario Guardaparques. Se destaca el trabajo mancomunado de la comunidad Universitaria para el logro de la acreditación de nuestra carrera insignia de Ingeniería Forestal, distinguiéndonos con la acreditación por parte de la CONEAU (Comisión Nacional de Evaluaciones Universitarias) por seis años, máximo posible. Tomamos la decisión de crear la carrera de Ingeniería Agronómica en un contexto socio económico demandante de la misma y en el entendimiento que con dicha decisión contribuimos a una demanda social y económica del territorio de impacto de nuestra Facultad. Recientemente, también por demandas sociales y económicas, se creó en la localidad de San Vicente la carrera de Técnico Universitario en Producción Agropecuaria, que está en su primer año de funcionamiento.

El bienestar estudiantil tuvo un lugar importante en la agenda de gestión. Así es que permanentemente se asiste al alumno con recursos propios de la Facultad para el sostenimiento del comedor universitario, los albergues estudiantiles las becas de salud y la gestión sostenida ante los organismos nacionales para la obtención de becas externas a la Facultad tal como el bicentenario. También apoyamos en la formación integral del estudiante, la inserción en proyectos de investigación, actividades académicas mediante distintas líneas de becas internas. Las practicas tipo pasantías fueron apoyadas permanentemente a fin de que el alumno reciba formación práctica previa a la graduación.

Un hito importante es la creación en este periodo del Instituto de Biología Subtropical -IBS-, organismo que depende tanto de la Universidad Nacional de Misiones como del CONICET. El Instituto tiene dos núcleos: Iguazú, con dependencia funcional de la Facultad de Ciencias Forestales, y Posadas con dependencia de la Facultad de Ciencias Exactas Químicas y Naturales. Para nuestra Facultad, esto significó la incorporación con financiamiento del CONICET de 5 nuevos docentes-investigadores de excelente trayectoria que se espera continúe creciendo, además de poseer sede en Iguazú ampliando la base territorial de actuación de la Unidad Académica. También nuestra Facultad es integrante del Instituto Misiones de Materiales -IMAM- otro instituto de doble dependencia, CONICET/UNaM, recientemente creado y donde varios docentes investigadores del área de Tecnología de la Madera e Industrias Forestales están integrando en conjunto con docentes de la Facultad de Ciencias Exactas y de Ingeniería que también integran el Instituto.

No menor fue el esfuerzo realizado en el campo de la Investigación. Tenemos el orgullo de decir que en este tiempo hemos duplicado la cantidad de proyectos de investigación acreditados, pasando de tan solo 27 en 2007 a más 60 a fines de 2013. De manera similar se ha duplicado la cantidad de investigadores categorizados y en condiciones de solicitar el pago del incentivo a la investigación, pasando en 25 en 2007 a 50 en la actualidad. Mayor aún es el logro si tenemos en cuenta el marco de estricta restricción presupuestaria de la Universidad donde hasta el año 2013 la relación entre presupuesto de salarios y presupuestos para funcionamiento fue de alrededor del 95/5 %. Así es que se incentivó a los docentes/investigadores a captar recursos extra presupuestarios y como resultado de ello, gran parte de los proyectos de investigación cuentan hoy con recursos propios para su desarrollo.

Como un marco e instrumento importante para la difusión y extensión de nuestras actividades y el avance científico en el mundo en materia forestal, se continuó con la ejecución de las Jornadas Técnicas Forestales y Ambientales que históricamente se ejecuta cada dos años y en co-organización con el INTA. En mayo próximo pasado, se ejecutó la edición número dieciséis. Podemos decir que estas jornadas son referencia regional, y forma parte de la agenda de investigadores, docentes, estudiantes de todo el país, y se consolidó como un espacio de difusión de calidad.

Párrafo especial merece la puesta en funcionamiento de la Escuela de Graduados de la Facultad, donde destacamos la realización de encuentros de graduados que permitió la interacción de los mismos entre sí y con la Facultad. Se realizaron también, cursos de actualización, entre los que destaco cuatro cursos consecutivos de Perfeccionamiento en Sistemas Silvopastoriles en conjunto con el INTA Misiones

y que ya han sido aprobados cerca de 200 participantes entre Ingenieros Forestales, Ingenieros Agrónomos, Veterinarios, productores y alumnos avanzados de la Facultad. El volumen de contenidos abordados y el plantel de colaboradores de dictado dejan a este curso listo para acreditarlo como carrera de especialización.

La actividad de extensión se fortaleció a través del dictado de distintos tipos de cursos, servicios de transferencia, talleres, jornadas técnicas entre otros formatos de transferencia. Se buscó normalizar la actividad de extensión. En ese sentido se cuenta ahora con un sistema reglamentario y un circuito de aprobación de proyectos de extensión.

También desde el área de extensión, nuestra Facultad apoyo activamente la realización del Plan Estratégico Agroalimentario y Agroindustrial 2020 (PEA<sup>2</sup>) impulsado desde el Ministerio de Agricultura de la Nación. En este marco se participó de las mesas de discusión, y de los proyectos que a partir de ahí surgieron entre los que destaco varios cursos orientados a escuelas agrícolas de la Provincia y dos cursos de construcción de viviendas de madera actualmente en ejecución.

En asuntos de posgrado, logramos la re-acreditación de las dos Maestrías que funcionan en nuestra Facultad, por parte de la Comisión Nacional de Evaluación y Acreditación Universitaria (Coneau), y conseguimos el avance significativo en la graduación de los pos-graduandos de la de Ciencias Forestales de cuatro al inicio a dieciséis al cierre de la gestión.

Permanentemente estuvo en la agenda el apoyo a la formación de recursos humanos que impulsamos, a través de las becas de auxiliares de investigación que mantuvimos con perseverancia, a lo que tenemos que sumar la gestión de las becas de apoyo a las vocaciones científicas para alumnos avanzados y de buen rendimiento académico, el apoyo a los estudiantes de la maestría con becas de matrícula, la gestión de las becas AVG del Conicet que ha permitido que docentes y egresados se encuentren realizando sus doctorados en otras universidades nacionales, la licencia con goce de haberes para que una docente realice su doctorado en Estados Unidos y últimamente la presentación del Proyecto Doctor-Ar Agronomía que contempla apoyos para que otros 5 docentes concluyan sus doctorados.

Se gestionó y logro la aprobación y financiamiento de proyectos de extensión desde la Unidad Para el Cambio Rural – Ministerio de Agricultura- orientados a apoyar el desarrollo forestal sustentable en comunidades de productores rurales; que las mismas puedan capacitarse e incorporar técnicas productivas orientadas a un manejo forestal sustentable y hacia la conservación de la biodiversidad y a fortalecer las capacidades de los equipos técnicos de entidades locales de desarrollo, promoviendo un adecuado acompañamiento en la formulación, ejecución y seguimiento de los proyectos, que se favorezca la articulación de las entidades locales con otros organismos y organizaciones existentes a nivel local y regional. Es destacable en estos proyectos la importante inserción de los graduados de la Facultad.

Participamos de la preparación del Documento de Referencia de la Mesa de Implementación Del Sector Foresto-Industrial, Lineamientos estratégicos 2012-2015 del PLAN NACIONAL DE CIENCIA, TECNOLOGIA E INNOVACION, impulsado por el Ministerio de Ciencia y Tecnología de la Nación.

Hemos firmado un Convenio con AFOA y participamos de la Organización Académica del 4to Congreso Forestal Argentino y Latinoamericano realizado en septiembre de 2013 en Iguazú.

En la infraestructura de la Facultad, continuamos con el proyecto financiado por el Ministerio de Educación y así es que se logró la construcción y refacción de alrededor de ochocientos metros cuadrado de aulas, gabinetes y laboratorios destinado a Tecnología de la Madera, Industrias de la Madera, Biotecnología, Calidad de Agua, Física entre otros. Con financiamiento del presupuesto de la FCF también construimos el nuevo comedor de la Facultad, para dar mayor comodidad a los alumnos que asisten al comedor a diario. Se gestionó y se licito por parte de la Unidad de Cambio Rural del Ministerio de Agricultura de la Nación Sistema de Invernáculos y Sómbralos para uso de investigación y académico de las distintas cátedras de la Facultad. Finalmente sobre se encuentra en plena construcción 200 m<sup>2</sup> destinado a aulas, y un nuevo módulo de baños para alumnos con una importante inversión del Ministerio de Planificación de la Nación. Por convenio con la Provincia de Misiones y el Municipio de Eldorado, está en plena construcción el espacio polideportivo Universitario y Comunitario, obra señera que contara con capacidad para dos mil quinientas personas y con un moderno estilo arquitectónico. Las obras continuaran otras complementarias, como salón de usos múltiples, canchas adicionales, hasta lograr en el lugar un verdadero centro para el desarrollo de distintas disciplinas deportivas.

En materia de vinculación, un hito importante fue la ejecución desde la Facultad el Sistema de Información Foresto Industrial Provincial que permitió conocer con base predial la situación forestal de la Provincia, el parque industrial instalado y determinar los escenarios de oferta y consumo de materia prima. Es el primer sistema de este tipo en el país y el relevamiento forestal de mayor detalle conocido en la región. En su concreción participaron más de cien personas de la comunidad Universitaria de la FCF. Este proyecto sigue vigente por medio del convenio suscripto con la Subsecretaria de Desarrollo Forestal de la Provincia de Misiones (Ministerio del Agro y la Producción) mediante el funcionamiento del Laboratorio de Inventario y Manejo Forestal. No menos importante será la implementación conjunta con otras instituciones del país, tal como la Universidad Maimónides, el CONICET, AFoA, de los proyectos de “Estudios Ambientales Estratégicos para la Mesopotamia y Delta” que ya se inició y la “Adopción y

Difusión de Buenas Prácticas para el Manejo Forestal Sustentable de Plantaciones, con Énfasis en la Conservación de la Biodiversidad en la Región de la Mesopotamia”, se encuentra en su fase de inicio.

Fue una preocupación constante que las cátedras pudieran vincularse con las empresas e instituciones mediante la prestación de servicios, como una manera de tener contacto entre el mundo académico y la aplicación práctica. En estas vinculaciones se solicita siempre la incorporación de estudiantes y jóvenes graduados de la Facultad.

Convencidos que estamos dejando una Facultad, mejor que la que encontramos en 2007 al iniciar nuestra gestión. Agradecemos a todos los integrantes de la comunidad universitaria que nos apoyaron y en especial a aquellos que sin compartir nuestras ideas, entendieron aquellas cuestiones que tenían que ver con la grandeza de la institución y nos ayudaron a concretarlas, finalmente agradecemos especialmente a los autores de los artículos científicos, fichas técnicas, comunicaciones que formaron parte de los 7 números de la revista, a quienes los prepararon y ayudaron a publicarlos.

Mgter. Oscar Arturo Gauto  
Decano  
Facultad de Ciencias Forestales  
Universidad Nacional de Misiones  
Periodo 2007 – 2014

---

# ÍNDICE

---

## ARTÍCULOS CIENTÍFICOS

- GESTIÓN FORESTAL CON RESTRICCIÓN DE ADYACENCIA BASADA EN PROGRAMACIÓN MATEMÁTICA: EFECTO DE LA RELAJACIÓN  
FOREST MANAGEMENT WITH ADJACENCY RESTRICTIONS BASED ON MATHEMATICAL PROGRAMMING: EFFECT OF INTEGER RELAXATION  
Diego Broz; Guillermo Durand; Mariano Frutos 1
- TENSIONES DE CRECIMIENTO EN MADERA DE PROCEDENCIAS Y PROGENIES DE *Eucalyptus camaldulensis* IMPLANTADOS EN SANTIAGO DEL ESTERO.  
GROWTH STRESS IN WOOD OF PROVENANCES AND PROGENIES OF *Eucalyptus camaldulensis* IN SANTIAGO DEL ESTERO  
Estela Pan; Carlos López; Juan Carlos Medina; Néstor Lencina; Luis Palmas; Franco Gonzales Castillo; Maximiliano Umlandt 9
- MEJORA DE LA CALIDAD DE SECADO DE MADERA ASERRADA DE PINUS SPP. MEDIANTE LA IMPLEMENTACIÓN DE BUENAS PRÁCTICAS DE MANUFACTURA  
IMPROVEMENT OF QUALITY KILN DRYING OF *Pinus* spp. APPLYING BEST PRACTICES OF MANUFACTURE  
Marek, Marcelo; Hildt Eduardo; Kramer, Carlos 16
- DENSIDADES Y FLEXIÓN ESTÁTICA DE LAS MADERAS DE *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden Y *Ruprechtia laxiflora* IMPREGNADAS Y SIN IMPREGNAR, DE LA PROVINCIA DE MISIONES  
DENSITY AND STATIC FLEXION OF *Eucalyptus grandis* HILL EX MAIDEN AND *Ruprechtia laxiflora* WOODS IMPREGNATED AND WITHOUT IMPREGNATION OF MISIONES PROVINCE  
Suirezs Teresa; Bobadilla Elisa; Weber Elizabeth; Arenhardt Orlando; Bernio Julio; Marek Marcelo; Morel Mariela; Bragañolo Adelaida 25
- EL SISTEMA COOPERATIVO COMO ESTRATEGIA DE COMPETITIVIDAD DE LAS PEQUEÑAS Y MEDIANAS EMPRESAS MADERERAS DE MISIONES. PERSPECTIVAS PARA SU DESARROLLO  
COOPERATIVE SYSTEM AS A STRATEGY FOR COMPETITIVENESS OF SMALL AND MEDIUM ENTERPRISES OF TIMBER FROM MISIONES. PROSPECTS FOR DEVELOPMENT  
Brondani Nancy Anahí 32
- REVISIÓN** 40
- RETENCIÓN VARIABLE EN BOSQUES DE NOTHOFAGUS PUMILIO (POEPP. & ENDL.) KRASSER EN PATAGONIA SUR: ESTRUCTURA FORESTAL, ESTABILIDAD ESTRUCTURAL Y REGENERACIÓN  
VARIABLE RETENTION IN NOTHOFAGUS PUMILIO (POEPP. & ENDL.) KRASSER FORESTS OF SOUTH PATAGONIA: FOREST STRUCTURE, REMNANT TREE STABILITY AND REGENERATION  
Juan Manuel Cellini; Guillermo Martínez Pastur; Rosina Soler; Marcelo Daniel Barrera; María Vanessa Lencinas
- FICHAS TÉCNICAS** 48
- FICHA TÉCNICA. ÁRBOLES DE MISIONES. *Schefflera morototoni* (Aubl.) Maguire, Steyerl. & Frodin  
Alicia Violeta Bohren; Luis Alberto Grance; María Angélica Aguilera; Héctor Martín Gartland; Guillermo Küppers; Oscar Weber
- FICHA TÉCNICA. MANEJO DE FRUTOS Y SEMILLAS, PRODUCCIÓN DE 52

|   |    |
|---|----|
| PLANTINES Y ESTABLECIMIENTO A CAMPO DE ESPECIES NATIVAS.<br><i>Peltophorum dubium</i> (Sprengel) Taubert. (Cañafístula), Caesalpinaceae.<br>Beatriz Eibl; Cecilia González  | 54 |
| FICHA TÉCNICA. REGLA METRICA PARA LA MEDICIÓN DE LA CANTIDAD<br>DE CEBO GRANULADO QUE LLEVA LA HORMIGA MINERA ( <i>Atta sexdens</i> :<br>HYMENOPTERA, FORMICIDAE) DURANTE EL ACARREO<br>Olga R. de Coll; Mabel Correa; Claudio Marchioli; Ricardo Maletti | 57 |
| FICHA TÉCNICA. FRUTOS Y SEMILLAS DE INTERES FORESTAL.<br><i>Balfourodendron riedelianum</i> (Engl.) Engl.<br>Dora Miranda; Dardo Paredes  |    |

# GESTIÓN FORESTAL CON RESTRICCIÓN DE ADYACENCIA BASADA EN PROGRAMACIÓN MATEMÁTICA: EFECTO DE LA RELAJACIÓN

## FOREST MANAGEMENT WITH ADJACENCY RESTRICTIONS BASED ON MATHEMATICAL PROGRAMMING: EFFECT OF INTEGER RELAXATION

Diego Broz<sup>1</sup>  
Guillermo Durand<sup>2</sup>  
Mariano Frutos<sup>3</sup>

Fecha de recepción: 13/06/2013  
Fecha de aceptación: 16/12/2013

1. Ing. Ftal. Becario CONICET. IIESS CONICET – Universidad Nacional del Sur Av. Alem 1253, Bahía Blanca, Argentina. diego.broz@uns.edu.ar
2. PhD. Ing. Quim. Docente. Departamento de Ingeniería Química – Universidad Nacional del Sur. Av. Alem 1253, Bahía Blanca, Argentina. gdurand@plapiqui.edu.ar
3. PhD. Ing. Ind. Investigador Asistente CONICET. Departamento de Ingeniería – Universidad Nacional del Sur Av. Alem 1253, Bahía Blanca, Argentina. mfrutos@uns.edu.ar

### SUMMARY

In this paper was studied three mathematical models for forest management whose objective is to decrease the human impact of the activity on the environment and maximizes economic benefits. Optimization models URM (*Unit Restriction Model*) and two variants, URM-E (*Unit Restriction Model-E*) and URM-T (*Unit Restriction Model-T*), limit the harvest of adjacent stands to avoid opening large forest areas, resulting in NP-hard or NP-hard problems. Scenarios were simulated from  $30 \times 3$  (stand  $\times$  period) to  $1000 \times 10$  with *Pinus taeda L.* under different growth conditions. Models were solved with GAMS/CPLEX. Minor scenarios to  $50 \times 6$  converge to an optimum value in a reasonable time, but larger required integer relaxation. With an integer gap greater than 1% a solution is obtained less than 3 seconds without significant changes in the target value. In most cases, the URM model results in better objective function value, followed by URM-T and URM-E.

**Key Words:** adjacencies restriction, integer optimization, gap, simulation.

### RESUMEN

Se estudian tres herramientas de gestión forestal, los modelos de optimización URM (*Unit Restriction Model*) y dos variantes, URM-E (*Unit Restriction Model-E*) y URM-T (*Unit Restriction Model-T*), limitan la cosecha de rodales adyacentes evitando apertura de extensas áreas boscosas, estos están definidos como NP-hard o NP-difíciles. Se simularon escenarios desde  $30 \times 3$  (rodal  $\times$  período) hasta  $1000 \times 10$  con *Pinus taeda L.* bajo distintas condiciones de crecimiento. Se resolvieron los modelos con GAMS/CPLEX. Los escenarios menores a  $50 \times 6$  convergen a un valor óptimo en un tiempo razonable, por encima de este escenario se requiere relajación del modelo. Con un *gap* de  $[0,01]$  se obtienen tiempos de resolución menores a 3 segundos sin cambios significativos en el valor objetivo. En la mayoría de los casos el modelo URM presenta mejores valores de la función objetivo seguido por URM-T y URM-E.

**Palabras Claves:** restricción de adyacencias, optimización entera, GAP, simulación.

### INTRODUCCIÓN

El impacto de las actividades antrópicas sobre el ambiente es un problema bien conocido, por ello distintos organismos provinciales, nacionales e internacionales buscan desarrollar métodos alternativos para seguir produciendo bienes y servicios con un menor impacto sobre el mismo.

La actividad forestal se encuentra en un punto clave ya que afecta directamente al ambiente (talas, eliminación de cobertura, quemadas) y dependiendo de la región es muy cuestionada, sin embargo ésta genera a la vez importantes beneficios económicos (desarrollo de la comunidad), sociales (fuente de trabajo) y ambientales (fijación de  $\text{CO}_2$ ), esto conlleva a la necesidad de minimizar los impactos negativos de la misma.

La tala de bosques provoca los impactos negativos más importantes ya que genera áreas sin cobertura arbórea dejando al descubierto el suelo provocando erosión y un impacto visual negativo en el paisaje, además de la disminución de materia orgánica y las fuentes de alimento para animales y elimina corredores faunísticos.

Autores como BOUGIORNO y GILLES (2003) y BETTINGER *et al.*, (2009) recomiendan el uso de modelos matemáticos como programación lineal, no lineal, entera y mixta-entera como herramienta de apoyo en la gestión del recurso forestal. Este último autor menciona que los objetivos de la gestión y planificación de los recursos naturales abarcan metas económicas, ambientales y sociales.

Es posible disminuir estos impactos aplicando un modelo de planificación de cosecha con restricción de adyacencia. De esta manera se podría limitar el tamaño de las áreas de cosecha evitando talar rodales adyacentes y así disminuir el impacto de la actividad. De los modelos más importantes encontramos el ARM (*area restriction model*) y el URM (*unit restriction model*) los cuales son abordados por MURRAY y CHURCH (1995), MURRAY (1999, 2007) y GOYCOOLEA *et al.*, (2005, 2009). La base de estos es la programación lineal entera mixta PLEM (o MILP por sus siglas en inglés).

El modelo ARM se base en la restricción de cosecha de un rodal o un conjunto de rodales en los cuales la suma de las superficies supere un área máxima de corta ( ) predeterminedada. Este modelo requiere que la superficie de cada rodal sea menor o igual al  $A$  y que los mismos sean cosechados una sola vez en el horizonte de planificación. URM difiere en que el tamaño de cada rodal debe ser menor o igual  $e$  (BELTRÁN PÉREZ *et al.*, 2011). Se puede ver que la diferencia entre los modelos radica en que el ARM selecciona rodales contiguos si la sumatoria de las superficies es menor a  $A$  sin embargo el URM no selecciona ningún rodal adyacente.

Los modelos URM y ARM no compiten por ofrecer mejores soluciones. Están diseñados para ofrecer soluciones en condiciones diferentes para un bosque y no existe investigación que demuestre la superioridad de un modelo en relación a otro. Sin embargo al momento del planteo del modelo, el ARM es más difícil del resolver (MURRAY y WEINTRAUB, 2002) dado que tiene una primera etapa donde se generan conjuntos factibles con una superficie menor a una máxima establecida ( ) obteniéndose de esta manera los cliques o conjuntos factibles, esto implica el uso de una regla heurística utilizando C, C++, u otro lenguaje de programación; y una segunda etapa donde se aplica un modelo de programación entero para hallar la combinación óptima de rodales.

Plantear el modelo URM no requiere este procesamiento previo de los datos, lo que lo hace más interesante desde el punto de vista práctico ya que se debe resolver el PLEM directamente. Varios autores se refieren a los modelos de adyacencia como NP-difíciles (ó NP-hard) (FLOUDAS, 1995), (GOYCOOLEA *et al.*, 2005), ya que la razón del crecimiento del tiempo de cómputo respecto al aumento del tamaño es de tipo exponencial dado que

si se tiene  $n$  variables existen  $2^n$  soluciones posibles (HILLIER y LIEBERMAN, 1997) por ende esto requiere de algoritmos eficientes para hallar los valores óptimos.

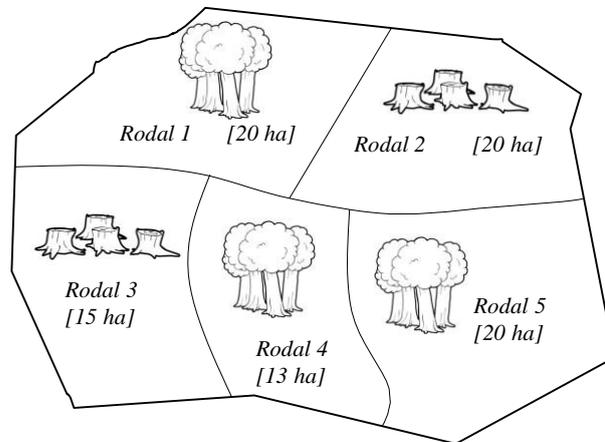
La resolución se realiza mediante la aplicación del algoritmo “ramificación y poda” o “Branch and Bound” (BB), este es una clase de método para resolver PLEM y programación entera no lineal (MINLP) (EDGAR *et al.*, 2001), el mismo autor menciona que este método es el más popular y que podemos encontrar en la mayoría de los software comerciales. Dentro de los software comerciales tenemos a GAMS (*General Algebraic Modeling System*) como una de las mejores herramientas (FLOUDAS, 1995). GAMS es un lenguaje de modelado de alto nivel para optimización matemática diseñado para modelar y resolver problemas lineales, no lineales, enteros, mixtos, dinámicos y estocásticos. Para esto opera con distintos *solvers* de acuerdo al tipo de problema y además es el lenguaje más ampliamente difundido (RAMOS *et al.*, 2010). Dentro de los *solvers* de GAMS se encuentra CPLEX, uno de los mejores optimizadores existentes en la actualidad para problemas LP y PLEM (RAMOS *et al.*, 2010).

El objetivo del trabajo es analizar el desempeño de tres modelos, un modelo general URM, un modelo que incluye una restricción económica URM-E y uno modelo con restricción tecnológica URM-T a distintas escalas patrimoniales. Esto se debe a que hay trabajos que plantean el uso de estos modelos pero no mencionan la relajación del algoritmo, este es el caso (GOMIDE *et al.*, 2010), (BELTRÁN PÉREZ *et al.*, 2011) y (BELTRÁN PÉREZ, 2012). BELTRÁN PÉREZ *et al.*, (2011) menciona una relación lineal entre el número de rodales y tiempo de resolución para URM y URM-E en un escenario de hasta 1000 rodales, 9 períodos y 1947 pares adyacentes, con tiempo de cómputo menores a 0,6. El mencionado autor ha resuelto el modelo mediante el software de optimización IBM ILOG CPLEX 11.2.0, ejecutado desde un servidor Sun-Fire-V440 con cuatro procesadores Ultra SPARC IIIi a 1.593 Ghz.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Restricción de cosecha de rodales adyacentes

Este modelo se basa en la restricción de la cosecha de rodales adyacentes en igual período, como se detalla en la **figura 1**, al seleccionarse para la cosecha el rodal 2 ( $r_2$ ), el modelo restringe la selección del rodal adyacente inmediato, en este caso  $r_1$ ,  $r_4$  y  $r_5$ , en consecuencia el rodal 3 puede ser seleccionado simultáneamente al  $r_2$ .



**Figura 1. Esquematación de la regla de decisión para un predio de 5 rodales y un período.**  
**Figure 1. Outlining of the decision rule for an area of 5 stands and a period.**

El planteamiento matemático del PLEM está formado por los siguientes conjuntos, índices y parámetros:

Conjunto de unidades de manejo del predio; .

Conjunto de períodos de tiempo en el horizonte de planificación; .

Conjunto de unidades de cosecha  $j$  adyacente a la unidad  $i$ ; .

Volumen<sup>1</sup> de madera al cosechar el rodal  $i$  en el período  $t$ ; .

Beneficio de cosechar el rodal  $i$  en el período  $t$ ; .

Límite inferior de volumen a ser cosechado en el período  $t$ ; .

Límite superior de volumen a ser cosechado en el período  $t$ ; .

Edad de maduración económica o tecnológica del rodal  $i$ ; .

Edad promedio de los árboles en el bloque  $i$  y en el período  $t$ ; .

La variable de decisión binaria corresponde:

$x_{it}$  si la unidad  $i$  es cosechada en el período  $t$   
0 en otro caso

La función objetivo del modelo se define como:

Sujeto a:

<sup>1</sup> A los fines prácticos se trabaja con la relación masa volumen igual a 1, o sea  $1 \text{ m}^3 = 1 \text{ tn}$ .

El objetivo de [1] es maximizar el beneficio asociado al volumen de cosecha. La restricción [2] evita que se cosechen pares de unidades adyacentes en el mismo período. La [3] garantiza que cualquier unidad de manejo sea cosechada a lo más una vez en el horizonte de planificación. Las restricciones [4] y [5] mantienen los volúmenes de cosecha dentro de límites inferiores y superiores con el objeto de lograr abastecer a la industria y no excederse de la capacidad de la misma en cada período. La restricción [6] condiciona la cosecha solo a los rodales maduros y es aquí donde se diferencian los modelos URM, URM-E y URM-T ya que el primero no cuenta con esta restricción por ende la cosecha puede ser realizada en cualquier edad. En cambio los modelos URM-E y URM-T limitan una edad mínima para la cosecha. En el caso del modelo URM-E la limitación es económica y el caso del modelo URM-T es tecnológica, esto quiere decir que serán cosechados si cumplen con los diámetros mínimo requeridos por la industria. Finalmente la [7] refleja la integralidad de la variable de decisión.

Los modelos PLEM, a medida que van creciendo en tamaño, requieren mayor tiempo de procesamiento (horas, días, semanas) para llegar a una solución óptima, para evitar este problema se suele optar por trabajar con una solución sub-óptima, para ello los *solvers* requieren especificar una tolerancia. En el caso de GAMS/CPLEX tiene por defecto 0,1 (10%) (MCCARL et al, 2008) y (GAMS DEVELOPMENT CORPORATION, 2012). GAMS/CPLEX brinda la posibilidad de relajar de forma absoluta con el comando OptCA y relativa con el comando OptCR. En este trabajo se analiza la relajación relativa ya que es más aplicable.

### Relajación del modelo

La relajación es la diferencia (denominada GAP) entre la solución óptima ( ) y la mejor solución entera obtenida ( ), por lo tanto se cumplirá que (FLOUDAS, 1995), con esto podemos definir el criterio de optimalidad relativa como [8], que es definida generalmente en GAMS.

Sin embargo CPLEX difiere este criterio y define la tolerancia (denominada OptCR) como se muestra en la [9].

valor<sup>2</sup> asegura que el denominador no sea cero (EDGAR et al, 2001). En este trabajo analizaremos la tolerancia 0%  $\rightarrow$  [0], 1%  $\rightarrow$  [0,01], 5%  $\rightarrow$  [0,05] y 10%  $\rightarrow$  [0,1]; a los efectos de no extender la corrida se limitará a un máximo de 10 minutos.

### Escenario forestal

Para determinar la programación de la cosecha primeramente se establecieron escenarios para lo cual se simularon distintas condiciones de crecimiento de *Pinus taeda L.* para la Provincia de Misiones, Argentina, debido a que es una de las especies forestales implantadas más importantes de la Argentina junto a otras especies de los géneros *Pinus*, *Eucaliptus*, *Populus* y *Salix*. Se utilizó SisPinus (EMBRAPA-FLORESTAS) como simulador de crecimiento y producción forestal (OLIVEIRA, 2011) para generar los escenarios. Dentro de los regímenes de manejos se consideró entre 2 a 3 raleos selectivos por lo bajo, todo ellos aplicados antes de los 10 años de edad del bosque. En todos los casos se consideró una densidad inicial de 1600 árboles por hectárea con un porcentaje de sobrevivencia del 95%. Se consideraron 1000 rodales con edades iniciales de entre 12 y 17 años llegando al final del horizonte de planificación a edades entre 21 y 26 años. La superficies de los rodales oscilan entre desde 8 a 44 hectáreas con índices de sitio de entre 18 a 23 metros.

Se determinó la edad de cosecha tecnológica y económica óptima de cada rodal. Se definieron hasta 10 períodos como horizontes de planificación. La combinación entre rodal y período se inicia en  $15 \times 3$  [gap] (rodal  $\times$  período [relajación porcentual]) hasta un máximo de  $1000 \times 10$ . De esta manera se establecen hasta 2994 pares de adyacencia y 10000 variables discretas {0,1}.

Para resolver los modelos se utilizó el software GAMS 24.0 y solver MIP CPLEX 12.1 el cual corrió en un computador con procesador Intel Core i3-2310M, CPU@ 2,10 GHz, 4 GB de memoria RAM y sistema operativo de 64 bits.

La comparación de los distintos modelos se realizó en base a evaluar el efecto de la relajación con el valor de la función objetivo y los tiempos computacionales de procesamiento en los distintos escenarios planteados.

Cuando el valor de la fracción es menor o igual la tolerancia el algoritmo BB se detiene, el

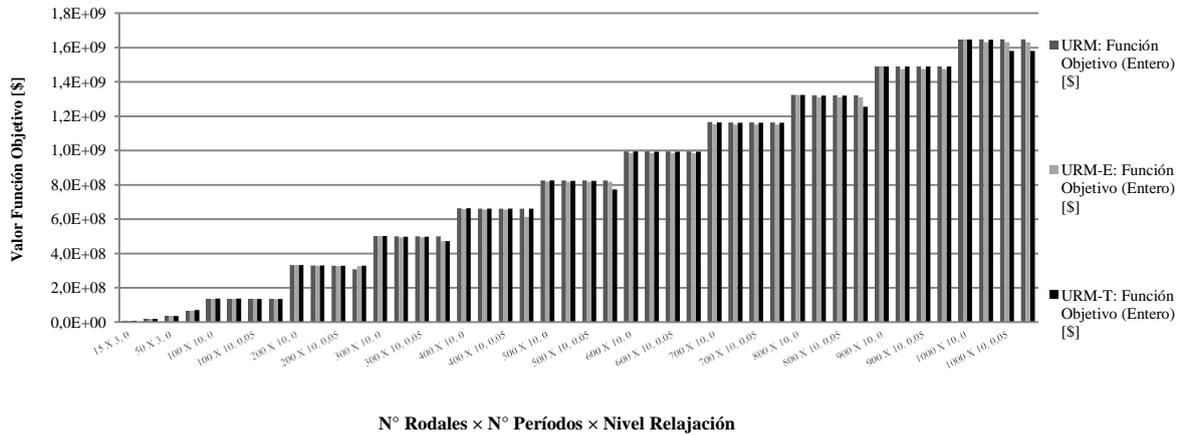
<sup>2</sup> La notación  $= 1 \times 10^{-10}$ .

**RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

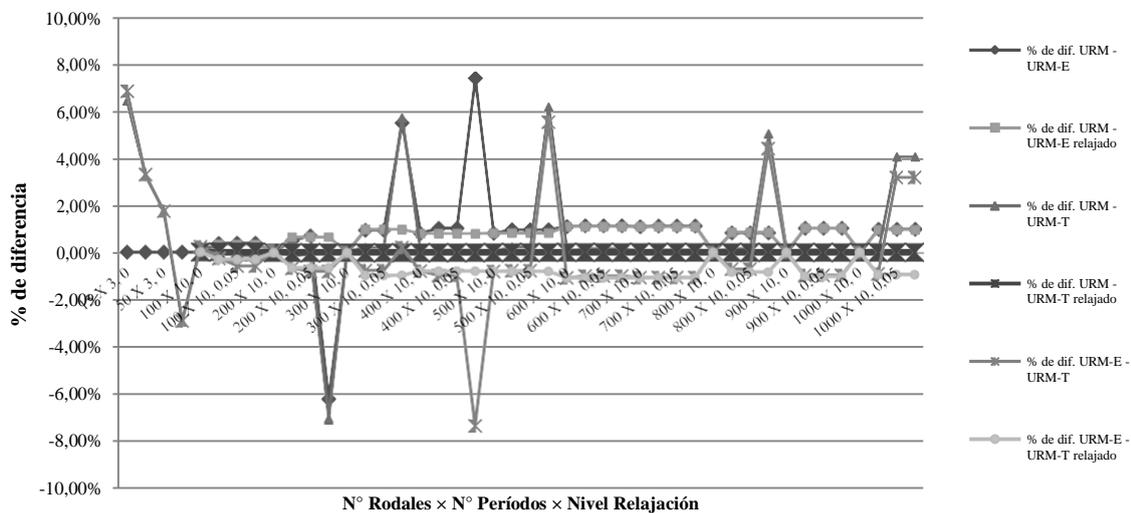
En la **figura 2** se pueden ver los resultados de la función objetivo de los escenarios y niveles de relajación.

Se puede ver que en casi todos los casos el modelo URM presenta un valor de la función

objetivo levemente superior a URM-E y URM-T. Esta diferencia se aprecia mejor en la **figura 3**. Sin embargo no parece haber diferencia visible entre la mejor solución posible y el mejor valor objetivo entero (relajado).



**Figura 2. Comparación de la relajación de la Función Objetivo de los distintos escenarios y modelos.**  
**Figure 2. Comparison of the objective function value for different scenarios and models with varying relaxation levels.**



**Figura 3. Diferencia porcentual entre valor objetivo de URM, URM-E y URM-T en distintos escenarios.**  
**Figure 3. Percentage difference between target value for the URM, URM URM-E and-G models in different scenarios.**

La diferencia entre URM y URM-E es en su mayor parte estable con variaciones menores a 2% pero con picos de entre 5% y 7,3% para los escenarios 200×10[0,1], 300×10[0,1] y 400×10[0,1]. Cuando comparamos URM y URM-T las mayores diferencias se encuentran en los escenarios iniciales 15×3[0], 30×3[0], 50×3[0] y 50×6[0] con 6,4%, 3,2%, 1,7% y -2,9% respectivamente. En los escenarios 200×10[0,1], 300×10[0,1] y 500×10[0,1] llega a 7%. Los demás estables en el orden del 1%. Cuando comparamos URM-E y URM-T los escenarios iniciales presentan variación de hasta 6,8%, cuando relajamos en un GAP de [0,1] llega a picos de 5% en algunos de los escenarios.

El efecto de la relajación sobre el valor objetivo es marcado en los escenarios menores a 200 × 10 y GAP de [0] a [0,1], superando los 8% de variación, siendo más marcado cuando pasamos de [0,05] a [0,1]. En la figura 4 se muestra que por

encima de los 500 rodales se estabiliza en menos de 1% de variación exceptuando URM-T el cual relajado al [0,1] supera los 4%.

En la figura 5 se puede ver que la variación relativa decrece sustancialmente cuando el escenario se hace más grande, exceptuándose variaciones bruscas en URM-T, superando los 7%, y algunas de URM-E, sin embargo la tendencia es a una disminución.

En los primeros escenarios no se requiere relajar el modelo, sin embargo, a partir de 50 × 6 URM y URM-E no converge hasta el límite de tiempo de corrida de 600 segundo preestablecido. El modelo URM-T logra converger en 58 segundos, por encima de estos escenarios no se logra convergencia sin relajación. Se puede ver en la figura 6 que el crecimiento de los tiempos de cómputos no guarda una relación directa con el tamaño de los escenarios sin embargo el modelo URM presenta tiempos de cómputos superiores cuando el GAP es mayor a [0].

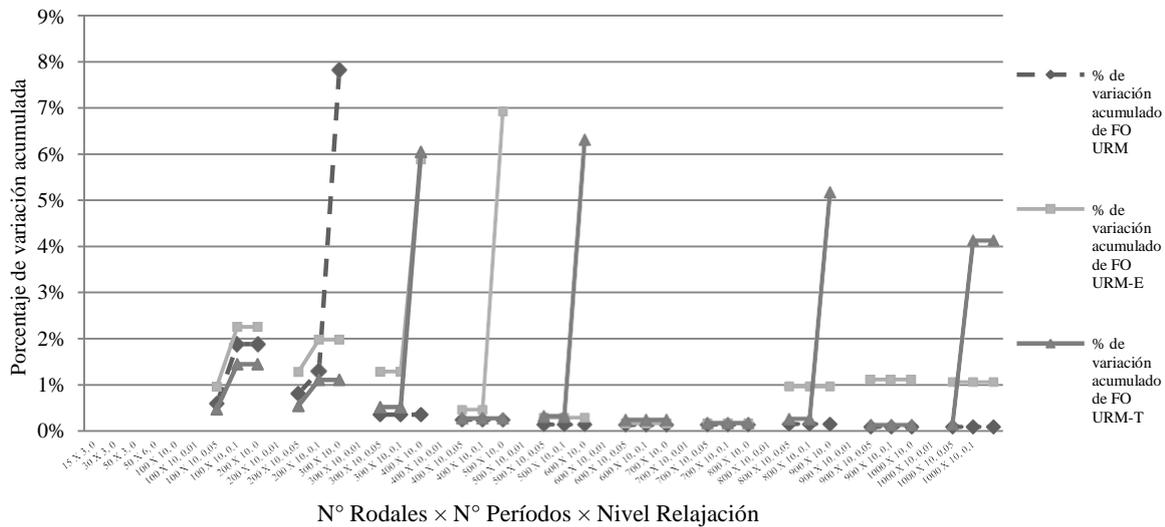


Figura 4. Variación del valor objetivo según niveles de relajación.  
Figure 4. Target value variation by level of relaxation.

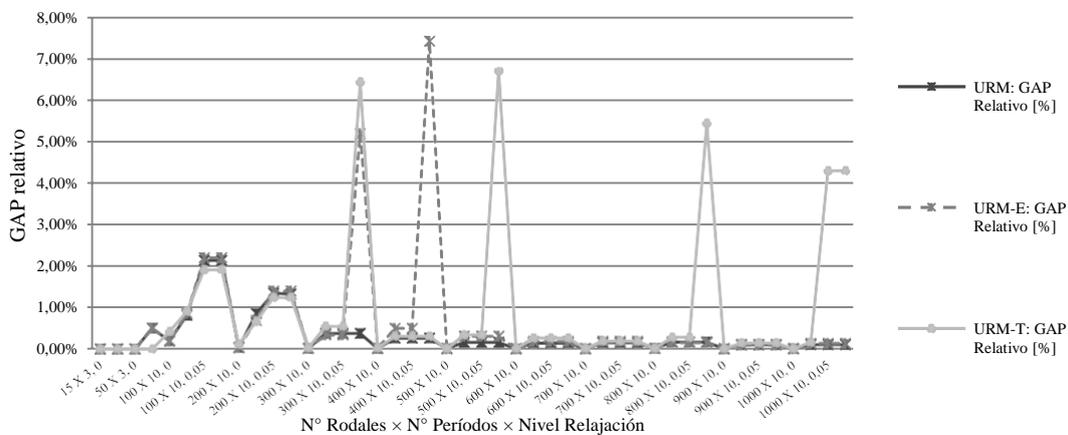


Figura 5. Comparación del GAP absoluto y relativo de los modelos URM, URM-E y URM-T.  
Figure 5. Absolute and relative integer gap at optimal solution for models URM, URM-E and URM-T.

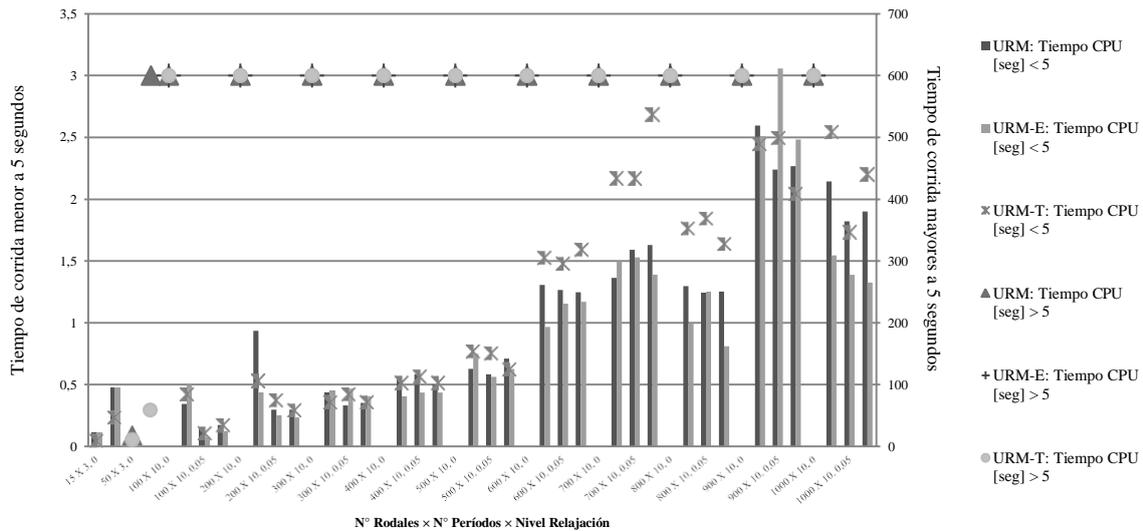


Figura 6. Tiempo de procesamiento para cada escenario. Para tiempos menores a 5 segundos corresponde la ordenada de la izquierda y para tiempos mayores a 5 segundos la de la derecha.

Figure 6. Computing time for each scenario. CPU times smaller than 5 seconds are plotted in the left axis, while greater than 5 seconds in the right axis.

La diferencia dada en los tiempos de resolución de los modelos se debe a que la restricción [6] limita el área de búsqueda permitiendo una mayor velocidad de convergencia hacia el óptimo en URM-E y URM-T. En contraposición el modelo URM presenta un mejor valor objetivo, valorizando el sistema por sobre el rodal.

En la figura 7 se puede ver el comportamiento del valor objetivo para el escenario  $100 \times 10[0]$  para URM, URM-E y URM-T.

Se puede ver que hasta los 20 segundos de corrida los modelos presentan los mayores cambios exceptuando URM-T, el cual presenta cambios

importantes hasta los 2000 segundos, sin embargo, en general los incrementales son inferiores a 0,2%.

Los resultados concuerdan con las afirmaciones de FLOUDAS (1995), GOYCOOLEA et al, (2005) los cuales definen a este tipo de modelo como NP-hard o NP-difíciles ya que sin relajamiento el tiempo de resolución se hace exponencial.

Estos resultados no concuerdan con BELTRÁN PÉREZ et al, (2011) el cual menciona que el tiempo de resolución guarda una relación lineal a medida que aumenta el escenario. El mismo autor obtiene resultados de cómputos menores a 0,6 segundos, siendo que por ejemplo el escenario  $100 \times 10$  no llegó a un resultado óptimo en más de 4 horas de corrida.

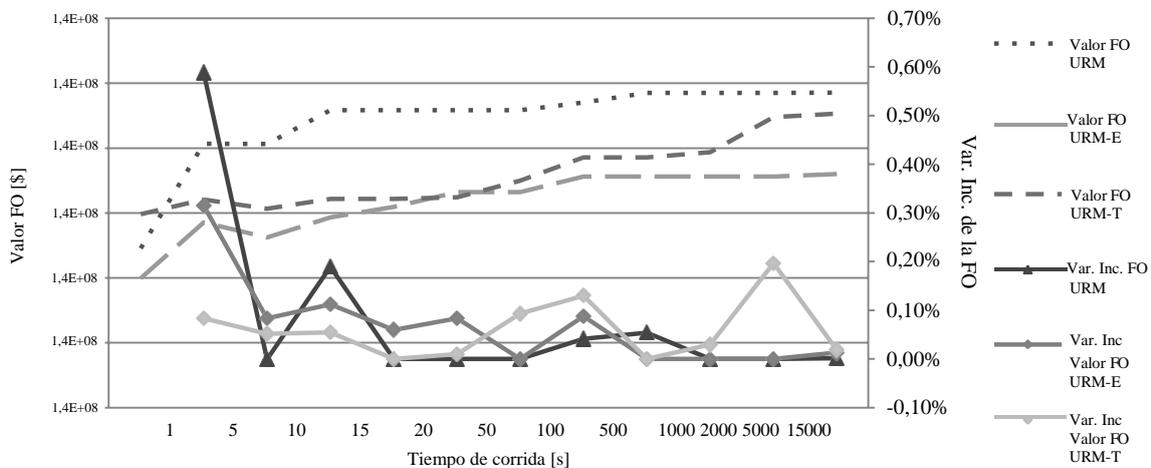


Figura 7. Evolución de valor objetivo para URM y URM-E y URM-T según el tiempo de corrida.

Figure 7. Evolution of target value for URM, URM-E and URM-T models according to the running time.

## CONCLUSIONES

El modelo URM presenta en la mayoría de los casos mejores valores objetivos, seguido por URM-T y URM-E, este último, pese a que este busca maximizar el valor del rodal no mejora el valor del sistema.

El efecto de la relajación es menor al 8% y es más patente en los escenarios  $100 \times 10$  y  $200 \times 10$  de ambos modelos. El modelo URM-T presenta los mayores saltos entre el GAP [0,05] y [0,1].

En general la variación tiene una fuerte tendencia decreciente a medida que aumentan los tamaños de los escenarios. Extendiendo el tiempo de corrida a más de 4 horas no mejora significativamente el valor de la función objetivo siendo 0,87% en URM, 0,75% en URM-E y 0,66% para URM-T.

Aplicar el modelo URM-T sería la mejor alternativa ya que por un lado aseguramos las dimensiones industriales requeridas y por otro lado obtenemos un beneficio mayor que con URM-E.

## BIBLIOGRAFIA

- BELTRÁN PEREZ, C., Mercado, R. Z.; Calderón, O. A. (2011): Un problema de gestión forestal con requerimiento de adyacencia de rodales. Memorias del VII Congreso FIME de Ingeniería Industrial y de Sistemas. San Nicolás de los Garza, NL, México. Pp 1-10.
- BELTRÁN PEREZ, C. (2012): Un problema de gestión forestal con requerimiento de adyacencia en unidades territoriales. Tesis de Maestría. Universidad Autónoma de Nuevo León. México. 151 pp.
- BETTINGER, P., Boston, K., Siry, J., Grebner, D. (2009): Forest management and planning. Academic Press. USA. 331 pp.
- BOUNGIORNO, J., Gilles, J. (2003): Decision methods for forest resources management. Academic Press. USA. 439 pp.
- EDGAR, F. E., Himmelblau, D. M., Lasdon, L. S. (2001): Optimizations of chemical processes. McGraw-Hill. USA. 651 pp.
- FLOUDAS, C.A. (1995): Nonlinear and mixed-Integer optimization: fundamentals and applications. Oxford University Press. USA. 462 pp.
- GAMS Development Corporation (2012): The solvers manuals. USA. Versión obtenida el 10/11/2012.  
<http://www.gams.com/solvers/solvers.htm#CPLEX>
- GOMIDE, L. R., Arce, J. E., Lindbeck Da Silva, A. (2010): Efeito das restrições espaciais de adjacência no planejamento florestal otimizado. Floresta. 40, pp. 573-584.
- GOYCOOLEA, M. A., Murray, Vielma, J. P., Weintraub, A. (2009): Evaluating approaches for solving the area restriction model in harvest scheduling. Forest Science. 55, pp. 149–165.
- GOYCOOLEA, M., Murray, A.T., Barahona, F., Epstein, A., Weintraub, A. (2005): Harvest scheduling subject to maximum area restrictions: Exploring exact approaches. Operations Research. 53, pp. 490–500.
- HILLIER, F. S., Lieberman, G. J. (1997): Introducción a la investigación de operaciones. McGraw-Hill. USA. 998 pp.
- MCCARL, B. A., Meeraus, A., Van Der Eijk, P., Bussieck, M., Dirkse, M., Steacy, P. (2008): McCarl GAMS User Guide. USA. Versión obtenida el 10/11/2012.  
[http://www.gams.com/dd/docs/bigdocs/gams2002/mccarlgamsuserguide\\_web.pdf](http://www.gams.com/dd/docs/bigdocs/gams2002/mccarlgamsuserguide_web.pdf)
- MURRAY, A.T. (1999): Spatial restrictions in harvest scheduling. Forest Science. 45, pp. 45-52.
- MURRAY, A.T., Church, R. L. (1995): Heuristic solution approaches to operational forest planning problems. OR Spektrum. 17, pp.193–203.
- MURRAY, A.T., Weintraub, A. (2002): Scale and unit specification influences in harvest scheduling with maximum area restrictions. Forest Science. 48, pp.779–789.
- MURRAY, A.T. (2007): Spatial environmental concerns. En Handbook of Operations Research in Natural Resources, International Series in Operations Research & Management Science. 99, pp. 419-429.
- OLIVEIRA, E. B. (2011): Softwares para manejo e análise econômica de plantações florestais. Embrapa Florestas, Brasil. Publicação técnica número 216. 68 pp.
- RAMOS, A., Sánchez, P., Ferrer, J. M., Barquín, J., Linares, P. (2010): Modelos matemáticos de optimización. Universidad Pontificia Comillas, Escuela Técnica Superior de Ingeniería, España. Publicación técnica número 1. 53 pp.

# TENSIONES DE CRECIMIENTO EN MADERA DE PROCEDENCIAS Y PROGENIES DE *Eucalyptus camaldulensis* IMPLANTADOS EN SANTIAGO DEL ESTERO.

## GROWTH STRESS IN WOOD OF PROVENANCES AND PROGENIES OF *Eucalyptus camaldulensis* IN SANTIAGO DEL ESTERO

Estela Pan<sup>1</sup>  
Carlos López<sup>2</sup>  
Juan Carlos Medina<sup>3</sup>  
Néstor Lencina<sup>4</sup>  
Luis Palmas<sup>5</sup>  
Franco Gonzales Castillo<sup>6</sup>  
Maximiliano Umlandt<sup>7</sup>

Fecha de recepción: 19/10/2012

Fecha de aceptación: 16/12/2013

1. MSc. Ing. en Industrias Forestales. Profesor Asociado. Instituto de Tecnología de la Madera. Facultad de Ciencias Forestales. Universidad Nacional de Santiago del Estero. Misiones N° 422. epan@unse.edu.ar
2. Dr. Ing. Forestal. Profesor Titular. Instituto de Silvicultura y Manejo de Bosque. Facultad de Ciencias Forestales. Universidad Nacional de Santiago del Estero. Batería Independencia N° 88 Bo. Juramento carlos@unse.edu.ar
3. Dr. Ing. en Industrias Forestales. Profesor Adjunto. Instituto de Tecnología de la Madera. Facultad de Ciencias Forestales. Universidad Nacional de Santiago del Estero. Independencia N° 1515. jmedina@unse.edu.ar
4. Ing. Electromecánico. Profesor Adjunto. Facultad de Ciencias Exactas y Tecnología. Universidad Nacional de Santiago del Estero. Andes N° 881. nlencina@unse.edu.ar
5. Ing. Electromecánico. Profesor Adjunto. Facultad de Ciencias Exactas y Tecnología. Universidad Nacional de Santiago del Estero. Sargento Romero N° 561 - lpalmas@unse.edu.ar
6. Estudiante de la Carrera de Ingeniería en Industrias Forestales. Instituto de Tecnología de la Madera. Facultad de Ciencias Forestales. Universidad Nacional de Santiago del Estero. Chubut N° 63. La Banda. francogoncas@hotmail.com
7. Estudiante de la Carrera de Ingeniería en Industrias Forestales. Instituto de Tecnología de la Madera. Facultad de Ciencias Forestales. Universidad Nacional de Santiago del Estero. Calle 116. Manzana 137. Barrio COESA. maxiu81@live.com

### SUMMARY

In this paper the growth stresses in 10 year old standing trees from four Origins and 16 Families of *Eucalyptus camaldulensis* implanted in El Zanjón, Santiago del Estero, Argentina were assessed by measuring the maturing longitudinal residual warping (MLRW). The variables measured were growth stresses, DBH, and basic density. The average MLRW values in the four Origins of *Eucalyptus camaldulensis* (0.121 mm, 0.128 mm, 0.137 mm and 0.128 mm) can be considered acceptable for this species. Significant differences were not detected among blocks, Families per Origin, and Origins grown in similar weather, site, spacing and silvicultural management conditions. The results show that the Northern average growth stresses values do not present significant differences as to those in the Southern position; additionally, highly significant differences in basic density were found among the Origins.

**Key words:** Stresses, *Eucalyptus camaldulensis*, longitudinal warping

### RESUMEN

Este trabajo evalúa las tensiones de crecimiento midiendo las deformaciones residuales longitudinales de maduración (DRLM) de árboles en pie de 10 años de edad de 4 Orígenes y 16 Familias de *Eucalyptus camaldulensis*, implantados en la localidad de "El Zanjón", Santiago del Estero, Argentina. Las variables medidas fueron las tensiones de crecimiento, DAP y Densidad Básica.

Los valores medios de DRLM en 4 Orígenes de *Eucalyptus camaldulensis* (0.121 mm, 0.128 mm, 0.137 mm y 0.128 mm) se pueden considerar aceptables para esta especie. No se detectaron diferencias significativas entre los Bloques, las Familias por Origen y los Orígenes, que crecieron en condiciones similares de clima, sitio, espaciamiento y tratamiento silvicultural. Los resultados muestran, que los valores medios de las tensiones de crecimiento en la posición Norte no presentan

diferencias significativas con los obtenidos en la posición Sur; encontrándose además diferencias altamente significativas entre los Orígenes para la Densidad Básica.

**Palabras clave:** Tensiones, *Eucalyptus camaldulensis*, deformaciones longitudinales.

## INTRODUCCIÓN

Las investigaciones sobre las tensiones de crecimiento en árboles en pie, y su determinación por métodos no destructivos, se realizan especialmente sobre maderas de las especies más industrializadas del género *Eucalyptus*, porque presentan “tensiones de crecimiento” que afectan directamente los procesos de transformación mecánica (secado, aserrado, elaboración de chapas, etc.) disminuyendo la calidad de los productos obtenidos.

Si bien el *Eucalyptus* presenta una gran variedad de usos, específicamente en pulpa, chapas, molduras y pisos, la tendencia actual es diversificar su uso y campo de aplicación como madera sólida, generando esta situación desafíos importantes en el secado, aserrío, preparación, elaboración y desarrollo de productos de alto valor agregado. Para el logro de estos resultados es fundamental mejorar la calidad de la madera para los usos específicos, en particular las destinadas a los procesos de transformación mecánica de alto rendimiento y calidad, siendo necesario trabajar con aspectos relacionados con las propiedades intrínsecas de las maderas para uso sólido. La determinación de las tensiones de crecimiento de los árboles en pie por métodos no destructivos proporciona información valiosa sobre la formación de las grandes fendas, rajaduras y grietas una vez apeado el árbol y su comportamiento en los procesos posteriores de transformación mecánica.

En Europa se iniciaron los estudios de las tensiones de crecimiento y del secado del *Eucalyptus* en el marco de un proyecto denominado “Estudio del eucalipto para su utilización como madera sólida” (AITIM; CTBA; CIRAD – Fôret; INIA; LNETI; UNIMOR; UPM-ETSIM, 1994).

En el proyecto denominado “ sistemas de aserrado adecuados para *Eucalyptus globulus* europeo afectados por tensiones de crecimiento” (COOPERATIVE RESEARCH PROJECT FAIR MA2B-CT 98-9579, 2001), los centros tecnológicos CIS – Madera y CIRAD – Fôret continuaron con las investigaciones sobre madera de *Eucalyptus* iniciadas en el año 1991. En Sudamérica, Chile inició los estudios relacionados a las tensiones de crecimiento en madera de *Eucalyptus nitens* (VALDES JAQUE, 2004) y en híbridos de álamos (DEVLIEGER y QUINTANA, 2006).

En Argentina se comenzó a estudiar hace unos años en la Mesopotamia la importancia que revisten las tensiones de crecimiento en el uso posterior del *Eucalyptus* como madera sólida (LÓPEZ (h), 2005);

(LÓPEZ y PARISI, 2005); (MARCÓ, 2006) y en Santiago del Estero en el año 2006, en el marco del proyecto “Estudios tecnológicos de especies y procedencias de *Eucalyptus colorados* (*Eucalyptus camaldulensis* y *tereticornis*) y *Eucalyptus grandis* para su utilización como madera sólida”, se iniciaron las investigaciones sobre las tensiones de crecimiento en dirección longitudinal en especies del género *Eucalyptus*; realizándose los primeros ensayos en árboles en pie de *Eucalyptus camaldulensis*, en una parcela correspondiente a un ensayo de mejoramiento genético de Orígenes y Familias de polinización abierta de 10 años de edad. Por ello, y a modo de contribuir en la selección de los Orígenes, este trabajo tiene por finalidad estudiar la calidad de la madera joven de *Eucalyptus camaldulensis* plantados en Santiago del Estero, en base a la determinación de las tensiones de crecimiento.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Material

El material está constituido por ejemplares de *Eucalyptus camaldulensis* pertenecientes a un ensayo de Orígenes y Familias de polinización abierta, dispuesto en un diseño de Bloques de Familia compactos, con 4 repeticiones y 5 plantas por parcela, implantados en El Zanjón, Departamento Capital, propiedad perteneciente a la Universidad Nacional de Santiago del Estero en un espaciamiento inicial de 3 m entre filas y 2 m entre árboles de la parcela (tabla 1).

### Método

### Procedimiento

Dentro de la plantación que presenta el mismo régimen de manejo silvícola, se tomó la precaución de muestrear una parcela lineal ubicada en el centro para evitar el efecto del borde.

El diseño experimental utilizado en el experimento fue un factorial anidado, con número de árboles por Familia y Origen, seleccionando 4 Orígenes diferentes (A, B, C, D) y 4 Familias por Origen, en base a un índice de selección de DAP, porte y Densidad Básica con pylodin, determinado por el Programa de Mejoramiento Genético. La elección de los individuos pertenecientes a cada Origen y Familia, se realizó siguiendo las pautas reportadas por HOHEISEL (1968) y COPANT N° 458 (1978), para el muestreo de las propiedades físico-mecánicas de la madera, totalizando 8 árboles por Origen y por Bloque.

En la tabla 2 se presenta la disposición de los 4 Orígenes seleccionados, con sus respectivas Familias por Bloque.

**Tabla 1: Procedencias del *Eucalyptus camaldulensis***  
**Table 1: Provenances of *Eucalyptus camaldulensis***

| Procedencia | Localidad                         | Latitud | Longitud | Altitud | N° de Familias |
|-------------|-----------------------------------|---------|----------|---------|----------------|
| A           | Emu Creek, Petford, QLD           | 17° 20' | 44 58'   | 460     | 11             |
| B           | Huerto Semillero, Zimbawe, África |         |          |         | 12             |
| C           | Dimbulah, Perford, QLD            | 7° 5'   | 45° 00'  | 500     | 09             |
| D           | Gibb River, Kimberley, WA         | 6° 08'  | 26°38'   | 430     | 10             |

**Tabla 2: Ubicación de las Familias seleccionadas de los 4 Orígenes elegidos por bloque.**  
**Tabla 2: Location of the selected Families of 4 per Block chosen Origins**

| Bloque I                          |                      |     |    |     | Bloque II                         |                      |     |    |     |
|-----------------------------------|----------------------|-----|----|-----|-----------------------------------|----------------------|-----|----|-----|
| Origen                            | Orígenes de Familias |     |    |     | Origen                            | Orígenes de Familias |     |    |     |
| A                                 | A7                   | A8  | A6 | A1  | A                                 | A7                   | A8  | A6 | A1  |
| B                                 | B4                   | B6  | B9 | B12 | B                                 | B4                   | B6  | B9 | B12 |
| C                                 | C1                   | C5  | C4 | C9  | C                                 | C1                   | C5  | C4 | C9  |
| D                                 | D4                   | D10 | D1 | D9  | D                                 | D4                   | D10 | D1 | D9  |
| 4 Orígenes 16 Familias por bloque |                      |     |    |     | 4 Orígenes 16 Familias por bloque |                      |     |    |     |

| Bloque III                        |                      |     |    |     | Bloque IV                         |                      |     |    |     |
|-----------------------------------|----------------------|-----|----|-----|-----------------------------------|----------------------|-----|----|-----|
| Origen                            | Orígenes de Familias |     |    |     | Origen                            | Orígenes de Familias |     |    |     |
| A                                 | A7                   | A8  | A6 | A1  | A                                 | A7                   | A8  | A6 | A1  |
| B                                 | B4                   | B6  | B9 | B12 | B                                 | B4                   | B6  | B9 | B12 |
| C                                 | C1                   | C5  | C4 | C9  | C                                 | C1                   | C5  | C4 | C9  |
| D                                 | D4                   | D10 | D1 | D9  | D                                 | D4                   | D10 | D1 | D9  |
| 4 Orígenes 16 Familias por bloque |                      |     |    |     | 4 Orígenes 16 Familias por bloque |                      |     |    |     |

De cada Familia se eligieron dos árboles con apariencia sana y de buen porte que no presentaban defectos de forma. Una vez que los árboles estuvieron perfectamente ubicados dentro de la parcela, se procedió a la medición de las siguientes variables:

- Diámetro (DAP) y perímetro a 1, 30 m de altura.
- Densidad Básica. Extracción de tarugos de madera del árbol en pie, mediante barrenos de Pressler para la determinación de la Densidad Básica. Inmediatamente después de la extracción se colocaron los tarugos en bolsas de plástico y se trasladaron al laboratorio para la obtención de la Densidad Básica mediante Norma IRAM N° 9544.
- Tensiones de crecimiento. Cada carbol medido en la dirección Norte - Sur, en una zona sana sin defectos aparentes. Las medidas de las tensiones de crecimiento se expresan como deformaciones residuales longitudinales de maduración (DRLM) y se realizan según el protocolo de CIRAD- Fôret, sobre el cambium, descortezando una zona suficiente para colocar el aparato de medición. Este aparato permite evaluar y medir las tensiones de crecimiento longitudinales en el árbol en pie y está basado en la

teoría del agujero, que es aplicada para medir las tensiones residuales en la mayoría de los materiales, por cuanto al romper el equilibrio mediante el agujero, las deformaciones provocadas por las fuerzas de tensión internas tienden a volver a su lugar de origen. Los estudios teóricos demuestran que las deformaciones se estabilizan a su valor máximo cuando la profundidad de la perforación es equivalente al diámetro del agujero y se capta la mayor deformación posible cuando se realiza la medición a una distancia del centro del agujero igual a 1.73 veces el radio.

Se encontró que los valores medios de las tensiones de crecimiento en la dirección norte (DRLMN) son menores que en la dirección sur (DRLMS) para los diferentes Orígenes. Para detectar si estas diferencias son estadísticamente significativas, se realizaron análisis sobre los datos que componen la población; el Test de Tuckey y el Análisis de Varianza ( $p=0.05$ ); no encontrándose diferencias significativas entre las tensiones de crecimiento en ambas direcciones ( $p=0.1580$ ) ni entre los 4 Orígenes ( $p=0.2305$ ).

En relación a los valores promedio de las tensiones de crecimiento para cada uno de los

Orígenes, se encontró, que en orden creciente, el Origen A alcanza el mínimo valor; continuando los Orígenes B y D y finalmente el Origen C. Si se comparan estos valores con los obtenidos para *Eucalyptus nitens* de 13 años de edad provenientes de plantaciones chilenas, que varían entre 0.17 – 0.32 mm, según las procedencias, crecimiento en diámetro y sitio (VALDEZ JAQUE, 2004) y con *Eucalyptus globulus* de 27, 22 y 32 años plantados en Galicia España, cuyos valores oscilan entre 0.140; 0.129 y 0.092 mm (TOUZA VASQUEZ, 2001) y (TOUZA VASQUEZ, 2000) se podrían considerar como aceptables los valores obtenidos para *Eucalyptus camaldulensis* de 10 años de edad. Pero de acuerdo a los valores reportados por STRAIN, citado por

CHAHUAN (2004), donde clasifica las tensiones de crecimiento bajo y sobre 0.08 mm, estos valores obtenidos son altos, ya que niveles de bajas DRLM (< 0.08 mm) no causarían problemas en el proceso de transformación a productos finales, en contraposición con tensiones de crecimiento por arriba de 0.08 mm.

Para detectar si existe correlación entre las tres variables analizadas, se aplicó el Coeficiente de Correlación de Pearson

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos expresados como valores medios de las mediciones de las 4 parcelas del ensayo, correspondientes a los 4 Orígenes y 16 Familias se muestran en la tabla 3.

**Tabla 3: Valores medios de tensiones de crecimiento norte y sur (DRLMN y DRLMS), Diámetro a 1.30 (DAP) y Densidad Básica (Db)**

**Table 3: Northern and Southern Growth Stresses mean values (MLRW N/S9, Diameter at 1.30 (DBH) and Basic Density (BD))**

|  |       |     |    |     |       |     |    |     |       |     |    |     |       |     |    |     |
|--|-------|-----|----|-----|-------|-----|----|-----|-------|-----|----|-----|-------|-----|----|-----|
| Bloque   | I     |     |    |     | II    |     |    |     | III   |     |    |     | IV    |     |    |     |
| Origen   | A     |     |    |     | A     |     |    |     | A     |     |    |     | A     |     |    |     |
| Familias   | A1    | A6  | A7 | A8  |
| Nº árboles   | 2     | 2   | 2  | 2   | 2     | 2   | 2  | 2   | 2     | 2   | 2  | 2   | 2     | 2   | 2  | 2   |
| DAP (cm)   | 18.46 |     |    |     | 17.93 |     |    |     | 20.63 |     |    |     | 21.63 |     |    |     |
| DRLM (N) (mm)  | 0.125 |     |    |     | 0.121 |     |    |     | 0.102 |     |    |     | 0.114 |     |    |     |
| DRLM (S) (mm)  | 0.136 |     |    |     | 0.130 |     |    |     | 0.120 |     |    |     | 0.120 |     |    |     |
| Db(g/cm <sup>3</sup> )                                       | 0.667 |     |    |     | 0.650 |     |    |     | 0.637 |     |    |     | 0.640 |     |    |     |
| <b>DENSIDAD BÁSICA PROMEDIO (A) = 0.648 g/cm<sup>3</sup></b> |       |     |    |     |       |     |    |     |       |     |    |     |       |     |    |     |
| Bloque   | I     |     |    |     | II    |     |    |     | III   |     |    |     | IV    |     |    |     |
| Origen   | B     |     |    |     | B     |     |    |     | B     |     |    |     | B     |     |    |     |
| Familias   | B4    | B6  | B9 | B12 |
| Nº árboles   | 2     | 2   | 2  | 2   | 2     | 1   | 1  | 2   | 1     | 1   | 2  | 2   | 1     | -   | 2  | 1   |
| DAP (cm)   | 20.17 |     |    |     | 16.03 |     |    |     | 20.03 |     |    |     | 20.79 |     |    |     |
| DRLM (N) (mm)  | 0.104 |     |    |     | 0.14  |     |    |     | 0.120 |     |    |     | 0.122 |     |    |     |
| DRLM (S) (mm)  | 0.121 |     |    |     | 0.16  |     |    |     | 0.130 |     |    |     | 0.130 |     |    |     |
| Db (g/cm <sup>3</sup> )                                      | 0.558 |     |    |     | 0.575 |     |    |     | 0.545 |     |    |     | 0.580 |     |    |     |
| <b>DENSIDAD BÁSICA PROMEDIO (B) =0.564 g/cm<sup>3</sup></b>  |       |     |    |     |       |     |    |     |       |     |    |     |       |     |    |     |
| Bloque   | I     |     |    |     | II    |     |    |     | III   |     |    |     | IV    |     |    |     |
| Origen   | C     |     |    |     | C     |     |    |     | C     |     |    |     | C     |     |    |     |
| Familias   | C1    | C4  | C5 | C9  |
| Nº árboles   | 2     | 2   | 2  | 1   | 2     | 2   | 2  | 2   | 2     | 2   | 2  | 2   | 1     | 2   | 1  | 1   |
| DAP (cm)   | 18.08 |     |    |     | 17.49 |     |    |     | 20.06 |     |    |     | 19.10 |     |    |     |
| DRLM (N) (mm)  | 0.137 |     |    |     | 0.134 |     |    |     | 0.092 |     |    |     | 0.166 |     |    |     |
| DRLM (S) (mm)  | 0.150 |     |    |     | 0.140 |     |    |     | 0.110 |     |    |     | 0.170 |     |    |     |
| Db (g/cm <sup>3</sup> )                                      | 0.550 |     |    |     | 0.550 |     |    |     | 0.535 |     |    |     | 0.556 |     |    |     |
| <b>DENSIDAD BÁSICA PROMEDIO (C) =0.548 g/cm<sup>3</sup></b>  |       |     |    |     |       |     |    |     |       |     |    |     |       |     |    |     |
| Bloque   | I     |     |    |     | II    |     |    |     | III   |     |    |     | IV    |     |    |     |
| Origen   | D     |     |    |     | D     |     |    |     | D     |     |    |     | D     |     |    |     |
| Familias   | D4    | D10 | D1 | D9  |
| Nº árboles   | 2     | 2   | 1  | 2   | 2     | 2   | 2  | 2   | 2     | 1   | 2  | 1   | 2     | 1   | 2  | 2   |
| DAP(cm)  | 21.61 |     |    |     | 21.81 |     |    |     | 20.09 |     |    |     | 20.79 |     |    |     |
| DRLM (N) (mm)  | 0.124 |     |    |     | 0.120 |     |    |     | 0.100 |     |    |     | 0.142 |     |    |     |
| DRLM (S) (mm)  | 0.134 |     |    |     | 0.132 |     |    |     | 0.120 |     |    |     | 0.154 |     |    |     |
| Db (g/cm <sup>3</sup> )                                      | 0.568 |     |    |     | 0.562 |     |    |     | 0.560 |     |    |     | 0.585 |     |    |     |
| <b>DENSIDAD BÁSICA PROMEDIO (D) =0.569 g/cm<sup>3</sup></b>  |       |     |    |     |       |     |    |     |       |     |    |     |       |     |    |     |

### Tensiones de crecimiento

Realizando un primer análisis de los datos presentados en la Tabla 3, se observa que los valores medios de las tensiones de crecimiento en la dirección Norte (DRLMN) son menores que en la dirección Sur (DRLMS), para los diferentes Orígenes (Tabla 4)

**Tabla 4: Comparación entre DRLMN y DRLMS**

**Table 4: Comparison between DRLMN and DRLMS**

| Orígenes | DRLMN | DRLMS |
|----------|-------|-------|
| A        | 0.116 | 0.126 |
| B        | 0.121 | 0.135 |
| C        | 0.132 | 0.142 |
| D        | 0.121 | 0.135 |

En la Tabla 5 se muestra en orden creciente, que el Origen A alcanza el mínimo valor ( $\bar{X} = 0.121$ ), siguiendo los Orígenes B y D ( $\bar{X} = 0.128$ ) y finalmente el Origen C con  $\bar{X} = 0.137$ .

**Tabla 5: Valores promedio de las tensiones de crecimiento.**

**Table 5: Average Values for Growth Stresses**

| Origen | $\bar{X}$ DRLMN, DRLMS |
|--------|------------------------|
| A      | 0.121                  |
| B      | 0.128                  |
| D      | 0.128                  |
| C      | 0.137                  |

Para detectar si existen diferencias significativas entre las tensiones de crecimiento, considerando los 4 Orígenes, los 4 Bloques, las Familias por Origen (16 Familias) y la interacción Bloque\*Origen, se aplicó un Análisis de Varianza, alcanzando los siguientes resultados que se presentan en el siguiente cuadro

| Fuente        | DF | Tipo III SS | Cuadrado de la media | F-valor | Pr>F   |
|---------------|----|-------------|----------------------|---------|--------|
| Bloque        | 3  | 0.01259992  | 0.00419997           | 2.42    | 0.0718 |
| Origen        | 3  | 0.00463174  | 0.00154391           | 0.89    | 0.4499 |
| Bloque*Origen | 9  | 0.01702799  | 0.00189200           | 1.09    | 0.3786 |
| Flia/Origen   | 12 | 0.01531314  | 0.00127610           | 0.74    | 0.7127 |

El análisis de Varianza no detectó diferencias significativas entre los Orígenes ( $P=0.4495$ ) ni entre

las Familias por Origen ( $P=0.7127$ ). Tampoco encontró diferencias significativas en la interacción Bloque\*Origen ( $P=0.3786$ ) ni entre los Bloques ( $P=0.0718$ ). Esta semejanza de comportamiento se podría explicar por la similitud de clima, sitio, manejo silvicultural y espaciamiento entre árboles que componen la plantación (DEVLIEGER y QUINTANA, 2006). Esto estaría de acuerdo a lo expresado por FERRAND citado por PRADO y BARROS (1989) que señalan que las tensiones están relacionadas con el espaciamiento y el sitio. Indican que existe una posibilidad de modificar la magnitud de las tensiones de crecimiento a través del manejo silvícola donde una menor competencia entre individuos, disminuirían las tensiones de crecimiento, mediante raleos más intensos y con mayor espaciamiento entre individuos. TOUZA VAZQUEZ (2001) indica que en sitios diferentes con igual material de origen genético, los valores de las tensiones de crecimiento son similares y no varían mucho en relación a la media. Sin embargo, VALDES JAQUE (2004) si encontró diferencias altamente significativas para las tensiones de crecimiento por sitio y por familia al determinar las tensiones de crecimiento en algunos árboles de 2 huertos semilleros de Forestal Monteáguila, en 10 Familias de *Eucalyptus nitens*.

Resultados similares a los encontrados en *Eucalyptus camaldulensis* en Santiago del Estero, se obtuvieron en Chile con híbridos de álamo y en España con híbridos de *Populus euramericana* en parcelas de árboles jóvenes.

La observación de los resultados presentados en la tabla 3, muestran aquellos Orígenes por Familia que presentan las tensiones de crecimiento más bajas y el Bloque al que pertenecen; señalando que estos valores mínimos que se concentran mayoritariamente en el Bloque III, sólo son valores puntuales. VALDES JAQUE (2004) encuentra para híbridos de *Eucalyptus nitens*, tensiones de crecimiento que fluctúan entre 0.044 mm y 0.225 mm.

**Tabla 6: Valores mínimos de tensiones de crecimiento.**

**Table 6: Minimum Values of Growth stresses**

| Orígenes | Familia | DRLMN | Bloque |
|----------|---------|-------|--------|
| C        | 9       | 0.02  | III    |
| A        | 6       | 0.04  | III    |
| D        | 1       | 0.05  | III    |
| B        | 12      | 0.05  | I      |

### DAP (Diámetro a 1.30)

La prueba de F no detectó diferencias significativas entre los Orígenes ( $P=0.7849$ ), los Bloques ( $P=0.7465$ ), entre las Familias por Origen ( $P=0.5856$ ) y en la interacción Bloque\*Origen ( $P=0.4464$ ). Por el contrario, VALDES JAQUE

(2004) encontró diferencias altamente significativas para el DAP por Familia en *Eucalyptus nitens*, no detectándose estas diferencias para el DAP por sitio.

#### Densidad Básica

Los resultados de la Densidad Básica promedio, presentan al Origen A con el mayor valor (0.648) y al Origen C con el mínimo (0.548). (Tabla N° 7)

**Tabla 7: Densidad Básica por Origen.**

**Table 7: Basic Density per Origin**

| <u>Origen</u> | <u><math>\bar{X}</math></u> | <u>Densidad Básica</u> |
|---------------|-----------------------------|------------------------|
| C             |                             | 0.548                  |
| B             |                             | 0.564                  |
| D             |                             | 0.569                  |
| A             |                             | 0.648                  |

El análisis de Varianza arrojó diferencias altamente significativas entre las Densidades Básicas de los Orígenes y de las Familias por Origen; encontrándose diferencia significativas por Bloque y no detectándose tales diferencias en la interacción Bloque\*Origen.

| <u>Fuente</u>  | <u>DF</u> | <u>Tipo III SS</u> | <u>Cuadrado de la media</u> | <u>F-valor</u> | <u>Pr&gt;F</u> |
|----------------|-----------|--------------------|-----------------------------|----------------|----------------|
| Bloque         | 3         | 0.00388435         | 0.00129478                  | 2.61           | 0.0566         |
| Origen         | 3         | 0.17919796         | 0.05973265                  | 120.64         | <. 0.001       |
| Bloque* Origen | 9         | 0.00582025         | 0.00064669                  | 1.31           | 0.2465         |
| Flia (Origen)  | 12        | 0.06712860         | 0.00559405                  | 11.30          | <. 0.001       |

De acuerdo a los valores de Densidad Básica y tensiones de crecimiento, se podría considerar al Origen A (Emu Creek, Petford, QLD), y C (Dimbulah, Petford, QLD) como los más apropiados para un proceso de transformación a productos finales.

En la siguiente Tabla se presenta las Correlaciones Simples (Coeficiente de Correlación Pearson) obtenidas entre las tensiones de crecimiento, el DAP y la Densidad Básica

Los resultados muestran que las tensiones de crecimiento son independientes del DAP, mientras que si se encontró una correlación con la Densidad Básica.

Al considerar el DAP, se encontró que el mismo es independiente de las tensiones de crecimiento y de la Densidad Básica.

**Tabla 8: Correlaciones simples entre las Deformaciones Residuales Longitudinales de Maduración.**

**Table 8: Simple Correlations among Maturing Longitudinal Residual Warping**

| <u>Coefficientes de Correlación Pearson, N=110</u> |             |            |           |
|--|-------------|------------|-----------|
|  | <u>DRLM</u> | <u>Dap</u> | <u>Db</u> |
| <b>DRLM</b>  | 100.000     | 0.04123    | 0.24330   |
|  |             | 0.6689     | 0.0104    |
| <b>Dap</b>   | 0.04123     | 100.000    | -0.05550  |
|  |             | 0.6689     | 0.5647    |
| <b>Db</b>  | 0.24330     | -0.05550   | 100.000   |
|  |             | 0.0104     | 0.5647    |

En relación a la Densidad Básica, se detectó una correlación significativa (P=0.001) entre los Orígenes A y B, A y C y A y D.

#### CONCLUSIONES

Los valores de las tensiones de crecimiento en árboles jóvenes de 4 Orígenes de *Eucalyptus camaldulensis* son similares entre ellos, independiente de su origen genético y crecimiento en diámetro, presentando un comportamiento diferente con la Densidad.

No se encontró diferencias significativas entre los valores de DRLM entre los 4 Orígenes de *Eucalyptus camaldulensis* implantados en Santiago del Estero, pero si se detectaron diferencias altamente significativas para la Densidad Básica.

Se encontró una fuerte dependencia entre las tensiones de crecimiento de los Orígenes con la Densidad de sus maderas.

Los valores de las tensiones de crecimiento alcanzadas en estos árboles son altas, pero similares a las encontradas para el género *Eucalyptus*.

Sería recomendable repetir los ensayos en la misma parcela, transcurridos unos años, para comprobar si tendrán lugar en el futuro, diferencias significativas entre las tensiones de crecimiento, asociadas a un mayor nivel de competencia o por efecto de la edad de los árboles.

#### BIBLIOGRAFÍA

- AITIM; CTBA; CIRAD-Forêt; INIA; LNETI; UNIMOR; UPM-ETSIM. 994 "Study of *Eucalyptus* processing for its utilization as solid wood- Final technical report" *Forest Program. Project MA2B-CT91-0038, Final Technical Report*
- COOPERATIVE RESEARCH PROJECT FAIR MA2B-CT98-9579, Final Technical Report. 2001. "RID of sawmilling systems suitable for European *Eucalyptus globulus* affected by growth

- stresses” Centro de innovación y servicios tecnológicos de la madera de Galicia (CIS – Madera), CIRAD-Forêt, Hermanos Sánchez Peña, Parquets Lorenzo, Maderas Betanzos, Mohringer, Sardinha & Leite.
- CHAUAN, S. 2004. Selecting and/or Processing Wood According to its Processing Characteristic. School of Forestry The University of Canterbury. Christchurch, New Zeland. 192 p.
- COPANT N° 458 978 “Normas para ensayo de madera” Comisión Panamericana de Normas Técnicas. 6 p.
- DEVLIEGER, F. y Quintana, R. 2006. Tensiones de crecimiento en híbridos de álamos creciendo en Chile. Maderas, Ciencia y Tecnología. 8 (3): 219-22, 2006.
- HOHEISEL, H. 1968. Estipulaciones para los ensayos de las propiedades físicas y mecánicas de la madera. Instituto Forestal Latinoamericano de Investigación. Mérida. Venezuela. 98 p.
- LÓPEZ, J. (h) y Parisi, L. 2005. Tensiones de crecimiento del estrato dominante de algunos Orígenes y procedencias de *Eucalyptus grandis* a los 17 años de edad en 2 sitios del oeste de la provincia de Corrientes, Argentina. INTA EEA Bella Vista. 4 p.
- LÓPEZ, J. (h), 2005. Un nuevo desafío es especies de rápido crecimiento en el Noroeste Argentino. Madera de calidad para usos sólidos. INTA EEA Bella Vista. 5 p.
- MARCÓ, M. 2006. Eucalyptus de rápido crecimiento para usos sólidos. XXI Jornadas Forestales de Entre Ríos. 4 p.
- Norma IRAM 9544, 1973. Instituto Argentino De Racionalización De Materiales-IRAM 9544. Método de la determinación de la densidad aparente. 4 p.
- PAN, E. y Medina, J. 2006. Estudios tecnológicos de especies y procedencias de Eucalyptus colorados (*Eucalyptus camaldulensis* y *Eucalyptus tereticornis*) y *Eucalyptus grandis*; para su utilización como madera sólida. Proyecto CICyT – UNSE 2006 – 2008.
- PRADO, J.; Baros, S. 1989. Eucalyptus. Principios de Silvicultura y Manejo. Santiago de Chile. 199 p.
- TOUZA VAZQUES, M. 2001. Proyecto Fair CT 98-9579. Proyecto de investigación sobre sistemas de aserrado adecuados para procesar *Eucalyptus globulus* con tensiones de crecimiento. Revista del Centro de Innovación y Servicios Tecnológicos de la Madera N° 6:8-37
- TOUZA VAZQUES, M. 2001. Tensiones de crecimiento en *Eucalyptus globulus* de Galicia (España). Influencia de la Silvicultura y Estrategias de Aserrado. Maderas. Ciencia y Tecnología. V 3. N. 1-2. Concepción. ISSN 0718-221X.
- TOUZA VAZQUES, M.; Sanz Infante, F. 2000. Nuevas aplicaciones de la madera de Eucalipto. Revista CIS-Madera N° 3:6-22
- VALDEZ JAQUE, R. 2004. Determinación de las tensiones de crecimiento en *Eucalyptus nitens*. (Deane & Maiden) mediante un método no destructivo. Tesis de Ingeniería en Industrias de la Madera. Memoria de titulación. Universidad de Talca. Facultad de Ciencias Forestales. Chile. 48 p.

# MEJORA DE LA CALIDAD DE SECADO DE MADERA ASERRADA DE *PINUS SPP.* MEDIANTE LA IMPLEMENTACIÓN DE BUENAS PRÁCTICAS DE MANUFACTURA

## IMPROVEMENT OF QUALITY KILN DRYING OF *Pinus spp.* APPLYING BEST PRACTICES OF MANUFACTURE

Marek Marcelo<sup>1</sup>  
Hildt Eduardo<sup>2</sup>  
Kramer Carlos<sup>3</sup>

Fecha recepción: 20/09/2013  
Fecha de aceptación: 17/12/2013

1. Ing. Forestal – Docente de Facultad de Ciencias Forestales – Universidad Nacional de Misiones. Evaluador de Rol “Operador de cámara de secado de la madera”, acreditado por Organismo Certificador Sectorial Trabajadores de la Madera, AFOA/RITIM/FAIMA/USIMRA. (<http://cert-labor-madera.org.ar>). Bertoni 124 – Eldorado – Misiones-mmarek@facfor.unam.edu.ar – marcelo\_marek@yahoo.de
2. Ing. Forestal – Universidad Nacional de Misiones. [eduardohildt@gmail.com](mailto:eduardohildt@gmail.com) - <http://www.facfor.unam.edu.ar>
3. Jefe de planta Aserradero Aguilar SRL. Ruta Prov. 17, km. 17, 9 de Julio, Misiones.

### ABSTRACT

The main of this work - carried out in industrial conditions - was to study the effect of the implementation of good manufacturing practices (GMP) and installation of baffles to improve air circulation in conventional drying wood of *Pinus spp.* and quantify the upturn in dried lumber quality, according to criteria established for requirement industrial use of wood. We found significant differences between treatments "before improvements" and "after-improvement", for all response variable: twisted wood percentage, percentage wet wood and air speed, in conventional drying of Wood in Misiones, Argentina.

**Key-words:** timber; drying quality, *Pinus spp*, twist.

### RESUMEN

El objetivo de este trabajo de investigación, llevado a cabo en condiciones industriales, fue el de estudiar el efecto de la implementación de buenas prácticas de manufactura (BPM); de la instalación de deflectores para mejorar la circulación del aire en el secado convencional de madera de *Pinus spp.* y cuantificar las mejoras en la calidad del producto, según criterios establecidos por las exigencias de uso industrial de la madera. A través de los datos obtenidos, se observaron diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos “antes de las mejoras”, y “después de las mejoras” en todas las variables respuestas: porcentaje de madera alabeada, porcentaje de madera húmeda y velocidad del aire; en secaderos de madera del tipo convencional en Misiones, Argentina.

**Palabras-claves:** madera, calidad de secado, *Pinus spp*, alabeos

### INTRODUCCIÓN

Un secado eficiente es fundamental para proveer productos de alto valor agregado, así como

para elevar la competitividad de la industria. Esto último responde a que el secado de la madera es el proceso industrial que mayor tiempo y energía consume y el que más fuerte impacto tiene si no se lo aplica adecuadamente. Disminuir los tiempos de secado manteniendo la calidad de la madera seca lograda redundaría en mayor productividad y menores costos energéticos (UNPRE, 2006).

El uso industrial de la madera aserrada exige la adecuación del contenido de humedad de la madera a valores que oscilan entre el 8 y 12% según su utilidad. Durante la eliminación del agua, la madera puede sufrir cambios no deseados en su forma (deformaciones) y otros defectos. Si éstos no son controlados es posible que la madera se convierta en un material no apropiado para los diversos usos a que podría destinarse, ya que la aparición de defectos tales como grietas, rajaduras y deformaciones limita sus aplicaciones y propicia su reemplazo por otros materiales más estables respecto de sus dimensiones (ATENCIA, TESTADIFERRO, 2000).

Bajo las actuales condiciones de alta competitividad, la rentabilidad de la actividad industrial depende fuertemente de la generación de conocimiento y optimización de los procesos de transformación de la madera.. El proceso de secado de la madera aserrada no escapa a ello y se plantean

pautas básicas operacionales, las cuales son: a) **Antes de comenzar el proceso:** Conocer las características de la materia prima; calidad de los separadores y en correcta acomodación; formación de la carga (deflectores, pérdidas de aire), madera fresca o madera oreada, y los aspectos básicos como secar espesores uniformes, y en lo posible segregar madera central y lateral. A esto se suma el contar con operadores capacitados y un mantenimiento adecuado (preventivo antes que reactivo); b) **Durante el proceso de secado:** Calentar y no secar al principio; lograr condiciones estables de temperatura bulbo seco (TBS) - temperatura bulbo húmedo (TBH), buen control de la TBH, acondicionar con humedad relativa (HR) mayor a 85% para que sea efectivo, establecer la diferencia psicométrica adecuada, condiciones de energía (fluctuaciones de presión y caudal), entre otros; y finalmente c) **Después del secado:** enfriar controladamente, control y monitoreo de la humedad post secado y lograr una retroalimentación constante de la calidad del secado lograda en cada ciclo, informada mediante algún indicador representativo de la misma (PEZO, 2008).

Gran parte del éxito de la calidad del secado está en la formación de la carga y la acomodación de los separadores de la madera. Contar con los separadores alineados significa: flujo de aire más uniforme a través de carga, con un consecuente secado más uniforme (menos dispersión de humedad final y menos puntos o zonas húmedas), peso que se transmite en forma más uniforme entre los paquetes y se obtiene madera sin deformaciones que impidan su procesamiento, menos pérdida de carga al paso del aire, lo que se traduce en mayor velocidad útil y por tanto menor tiempo de secado (más productividad y menos costo operacional), mayor estabilidad mecánica de la carga, mayor vida útil (más rotaciones) de los separadores, y consecuente menor gasto en ellos, entre otros beneficios. El fabricante de cámaras de secado MAHILD recomienda incorporar esta variable (alineamiento de separadores) en los procedimientos estándares de control estadísticos de procesos de cada planta (PEZO, 2007).

Para un mejor control en la planta industrial, es importante cuantificar la incidencia de estos defectos, para poder evaluar técnica y económicamente una alternativa que mejore la performance de los equipos, disminuyendo los defectos, y así mismo determinar el periodo de recupero de la inversión necesaria. Para esto se aplican diversas mejoras tecnológicas, tanto “duras” como ser mejoras de las instalaciones y equipamiento, como as también “blandas”, como el manejo del programa de secado, implementación de buenas prácticas de manufactura (BPM), y control de proceso. Estas están íntimamente relacionadas por la complejidad del secado, lo que hace necesaria la aplicación de un amplio espectro de mejoras. Es frecuente que el industrial intente solucionar los problemas de secado mediante ajustes en el

controlador del secadero o del “programa de secado”; y no tenga en cuenta aspectos del sentido común, como ser la calidad de estibado de madera, hermeticidad de la cámara de secado, estado de los burletes, correcto cierre de las ventilas, funcionamiento de los ventiladores, uso de deflectores, entre diversos factores técnicos (SIMPSON, 1991; WHITE, 1995).

En general, el aire tenderá a fluir por donde encuentre menor resistencia, por lo tanto en el caso de no tener deflectores o de haber vanos producidos por un deficiente armado de la carga, la velocidad del aire en ese “*by pass*” puede alcanzar valores muy altos de entre 4 a 6 m/s, lo que resulta en un flujo reducido y distorsionado dentro del paquete de madera. Como se produce una alteración del flujo de aire, esto se manifiesta en una menor transferencia de calor que conlleva a una falta de uniformidad en el secado y en el contenido de humedad final (WHITE, 1995).

Indica PEZO (2009b), que disminuir la pérdida de aire por “*by pass*” se traduce en mayor calidad y productividad, y que en una cámara normalmente entre el 30% a 60% del aire se pierde debido a que no se bloquean adecuadamente todos los espacios por donde se pierde el aire.

Es importante que los operadores de secaderos apliquen algunas BPM que puedan ser usadas diariamente, sin la necesidad de llevar a cabo estudios específicos que interfieren con la producción (MILOTA et al, 1991).

El objetivo del presente trabajo fue evaluar las mejoras en la calidad de la madera seca, a escala industrial, poniendo en práctica algunas BPM referidas a la colocación de separadores, estibado de la carga, e implementación de deflectores para disminuir el *by pass* del aire, independiente de la mejora del programa de secado.

Gran parte de esta información se sustenta en aspectos prácticos de operación y bibliografía específica, así como en recomendaciones técnicas de fabricantes de secaderos de madera (HILDEBRANDT, 1970; MILOTA et al, 1991; PEZO, 2007).

Este trabajo también tiene por finalidad generar una referencia sobre BPM para los operadores de secado, explicando en un lenguaje muy sencillo e incluso gráficamente como éstas afectan a la calidad del secado.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Caracterización de las cámaras estudiadas

El presente trabajo se llevó a cabo con dos cámaras de secado de 40 m<sup>3</sup> de capacidad. Los equipos pertenecen a un aserradero de la zona norte de Misiones, de unos 15-16 años de antigüedad. Cuentan con automatización GANN y MARRARI. El sistema de carga de madera está conformado por zorras sobre rieles. Respecto a los aspectos

constructivos, ambas son del tipo mixto con dos paredes de 150 mm de ladrillos prensados a la vista, y una capa intermedia de poliestireno expandido (EPS) de alta densidad de 50 mm. Las puertas de chapa de aluminio tienen un espesor aproximado de 0,9 mm, con aislante de lana de vidrio de unos 100 mm de espesor.

El estado de las cámaras es bueno, con un correcto funcionamiento de la automatización (termómetros, psicrómetro, sensores de humedad, cableado), así como también los ventiladores, actuadores de ventilas, electroválvulas. Esto fue verificado en el trabajo de asesoramiento técnico efectuado, como primera medida. Es importante destacar que la empresa no utiliza contrapesos sobre las cargas de madera a secar.

Como particularidad debe destacarse que, durante el periodo de estudio, estas cámaras estaban abastecidas por vapor proveniente de una caldera humotubular con una capacidad de 2.000 kg/h de vapor, con alimentación de combustible sólido (costaneros y despuntes), mezclado con aserrín seco, pero realizado en forma manual, lo que no favorecía lograr una presión uniforme, especialmente durante las horas sin supervisión.

#### Relevamiento de datos

El relevamiento de los datos fue realizado durante 3 meses, correspondiendo a la actividad de clasificación por calidad de la madera (cuantificación de maderas con defectos obtenida luego de cada ciclo de secado). El relevamiento fue realizado sobre tablas de *Pinus spp* de " de espesor nominal (real, 29 mm), en su totalidad y anchos también nominales de 4" y 5" ( 0 y 35 mm), correspondiente al 80 % de los anchos producidos, por ser la escuadría objetivo, buscada para ser utilizada en la producción de madera machihembrada en la misma empresa. La madera es obtenida a partir de un esquema de corte con sierra gemela, procesando la semibasa en una sierra circular múltiple, sin presentar grandes desviaciones del corte y teniendo un espesor uniforme.

Para registrar la variable respuesta, se determinó el volumen del total de piezas defectuosas, y se lo dividió por el volumen total de la carga, obteniéndose la proporción de falla de cada tipo de defecto: madera húmeda, madera torcida. Esto se registró durante el desarme y clasificación de la madera realizada por los operarios al finalizar el secado, según criterios internos de la empresa. Es importante mencionar que se logró la trazabilidad en el estudio, dado que no mezcló madera proveniente de diferentes ciclos de secado. Los datos fueron analizados utilizando una planilla de cálculo, para determinar los porcentajes de madera defectuosa según sus causas. Estos datos fueron utilizados para evaluar una inversión en mejoras, mediante la incorporación de deflectores rebatibles de chapa,

siendo de uso interno de la empresa durante algunos años y posibilitándose su publicación recientemente. Los datos fueron analizados por medio del análisis de la varianza realizado con el software INFOSAT (DI RIENZO J.A et al, 2012).

#### Metodología

##### Condiciones de la cámara o variables independientes:

Para llevar adelante el relevamiento de las condiciones de trabajo existentes se creó un formulario siguiendo las pautas fijadas por la bibliografía de referencia (MILOTA et al; 1991, PEZO, 2007), según el diagnóstico de las necesidades de mejora, y la experiencia práctica en el tema. Se relevaron las siguientes variables:

1. Calidad de estibado o conformación de la carga de madera: Como se mencionó anteriormente, esto determina en gran medida un buen secado. Si bien esto involucra muchos conceptos, se tuvieron en cuenta los siguientes, detallados parcialmente en Anexo 1:

- a) Empalme de los paquetes para conformar la carga con el largo exacto del secadero.
- b) Alineación a plomo de los separadores o palillos.
- c) Colocación de tacos entre paquetes de madera.
- d) Superficie lateral de los paquetes, al borde de la zorra.
- e) Espaciamiento entre estibas de paquetes de una misma zorra.
- f) Bloqueo de los espacios entre paquetes, generados por los tacos, en la parte lateral de la carga.

2. Presencia o no de mejoras en las instalaciones (deflectores laterales, superiores).

Para lograr la implementación de las mejoras en el secadero se trabajó en conjunto con el sector de mantenimiento para construir e instalar las mejoras, como por ejemplo los deflectores que se hicieron primeramente de madera, a modo de prueba, para hacerlos de chapa una vez alcanzados resultados favorables.

Con el sector de supervisión de producción se trabajó en mejorar los aspectos básicos del secado y en la implementación de las BPM, mejorándose el estibado de madera y alineación de separadores en el sector aserradero; así como también con los operadores de secado-calderistas para conseguir una mejor carga de la zorra, tapar el espacio generado por los tacos, y otros, como se indica en Anexo I. Para ello se trabajó en la redacción de materiales didácticos e instructivos, en la capacitación "in company" y mediante auditorías externas del consultor. Posteriormente a la implementación de las mejoras, se procedió a analizar estadísticamente la ocurrencia de madera no conforme, con el objetivo de determinar si hubo o no alguna evolución.

### Diseño experimental

Se utilizó un Diseño Completamente Aleatorizado; aplicando dos tratamientos: (ANTES y DESPUES de la aplicación de las mejoras), realizando 6 repeticiones por tratamiento.

Si bien se trata de solo dos tratamientos, y se podría realizar un Test de medias, se optó por utilizar el Análisis de Variancia (ANDEVA) como una metodología apropiada a ser utilizada en otros tratamientos o bloqueos que se puedan utilizar en futuros estudios.

Supuestos del experimento:

1) Producto uniforme: En todo el estudio se utilizó madera de Pino con " de espesor nominal y anc o nominal de 4" y 5", destinada a la producción de machimbres.

2) El programa de secado utilizado fue constante durante todo el experimento: Dado que la empresa prácticamente seca el mismo tipo de producto, utilizando siempre la misma curva y aplicando únicamente leves ajustes. En este caso se trató de no alterar aspectos sustanciales del programa de secado.

### Variables respuesta:

Como variables respuesta se consideraron dos aspectos que podrían tener una relación con los factores a ser estudiados indicados anteriormente.

1. Velocidad del aire: es la velocidad del aire registrada a la salida del paquete, tomando un valor promedio de 9 posiciones (al medio de la carga y a sus extremos, a tres alturas diferentes), utilizando un anemómetro digital manual portátil, de turbina separada Marca Prova AVM-01.
2. Defectos de secado según normas internas: Un conjunto de pautas de clasificación empíricas y que pueden resumirse en 3 variables respuestas:
  - a) Tablas deformadas: Piezas que por deformación no pueden ser procesadas en la moldurera, ya que no producirían una pieza de machimbre cepillado en todas sus caras (incluye combadura, alabeos, abarquillado). Estas piezas deformadas pueden provenir de dos zonas de la carga.
    - a. Deformadas de la primera cámara del último paquete: es la madera que está en la parte superior de la última estiba, (la cual carece de un peso que la mantenga estable) y está sujeta a una mayor exigencia de secado, por haber una mayor circulación de aire entre la estiba y el entretecho (ante la carencia de deflectores superiores rebatibles en el entretecho)
    - b. Deformadas de interior del paquete: son las piezas que a pesar de estar presionadas por tablas superiores y separadores o tacos, de todos modos se deforman. Están asociadas a deficiencias en la alineación se separadores (calidad de carga) y características propias del leño (posición

de medula excéntrica, verticilos, albura duramen, madera juvenil, tensiones).

- b) Humedad por sobre el 16 %, medida con un Xilohigrómetro Wagner MMC220, portátil, usado por el operario encargado de la clasificación. Se rechazan piezas por encima del 16 % por producir defectos de cepillado en el machimbre y eventuales problemas de mancha azul e denomina "piezas húmedas"

Como se mencionó anteriormente, las tablas alabeadas o deformadas (llamadas en la empresa con el término "torcidas") pasan a ser piezas de segunda calidad, que se vende a un 60% de su precio real y que constituye un material de difícil venta.

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla N° 1 se presentan los valores de las variables medidas para las distintas repeticiones de los tratamientos. A continuación se analizan estadísticamente las distintas variables.

El resultado de los análisis de varianza indica que para las tres variables evaluadas (Tablas torcidas, Tablas húmedas y Velocidad del aire, existen diferencias estadísticamente significativas al 5% de probabilidad entre los tratamientos aplicados. (ANTES y DESPUES de la aplicación de las mejoras). En todos los casos se han cumplido los supuestos de homogeneidad de las varianzas y normalidad de los residuos comprobados por medio del Test de Levene y el Test de normalidad de Shapiro-Wilks. La Tabla 2 presenta los resultados de los test de medias utilizado para comparar ambas situaciones.

Respecto a la incidencia de deformaciones, el Test de Tukey muestra que la aplicación de las mejoras (tratamiento "DE PUE ") disminuyó significativa la proporción total de tablas rechazadas por deformaciones. Estos resultados fueron acordes a los trabajos llevados a cabo por DENIG et al; 1988 y PEZO, 2009.

La proporción de la madera deformada/alabeada de la primera capa del paquete superior paso de 1,87% a un 1,11%, lo que representa una disminución de un 76%. Esta madera, al no tener contrapesos, es susceptible de sufrir deformaciones, por lo que debe ser descartada. Debido a esto, es de suma importancia disminuir su incidencia para mejorar los rendimientos y disminuir los costos productivos. Respecto a las piezas denominadas "deformados interiores", estas pasaron de 2, 0% a 1,04 %, lo que representa una disminución superior al 100 %. En este caso es importante mencionar que esta madera puede ser reaprovechada para largos inferiores, pero esto acarrea un perjuicio económico y falencias en la planificación de la producción.

**Tabla 1: Indicadores de calidad “Antes” y “Después” de las mejoras y su incremento, expresados en porcentaje de la carga (%), y velocidad del viento (m/s)****Table 1: Quality indicators "Before" and "After" of the improvements and they increase, expressed as a percentage of the load (%) and air speed (m/s)**

| Trat.   | Nº carga   | Deformadas superior | Deformadas Internas | Deformaciones Totales | Tablas Húmedas | Vel. del aire |
|---------|------------|---------------------|---------------------|-----------------------|----------------|---------------|
|         | Repetición | [%] {1}             | [%] {2}             | [%] {3}               | [%] {4}        | [m/s] {5}     |
| ANTES   | 1          | 1,80                | 2,51                | 4,30                  | 3,15           | s/d           |
| ANTES   | 2          | 1,90                | 1,77                | 3,67                  | 2,65           | s/d           |
| ANTES   | 3          | 1,68                | 2,44                | 4,13                  | 4,68           | 3,84          |
| ANTES   | 4          | 1,77                | 2,21                | 3,98                  | 1,56           | 3,15          |
| ANTES   | 5          | 2,13                | 2,45                | 4,58                  | 5,15           | 3,12          |
| ANTES   | 6          | 1,96                | 1,20                | 3,16                  | 2,86           | 3,45          |
| DESPUES | 1          | 0,88                | 0,87                | 1,74                  | 1,46           | 3,80          |
| DESPUES | 2          | 0,98                | 0,53                | 1,52                  | 1,05           | 3,79          |
| DESPUES | 3          | 1,12                | 1,46                | 2,58                  | 1,92           | 3,79          |
| DESPUES | 4          | 1,11                | 1,43                | 2,54                  | 0,21           | 3,47          |
| DESPUES | 5          | 1,20                | 0,92                | 2,12                  | 1,95           | 3,78          |
| DESPUES | 6          | 1,38                | 1,02                | 2,40                  | 1,57           | 4,22          |

Respecto a la ocurrencia de rechazos por exceso en el contenido de humedad, el Test de Tukey indica que la aplicación de las mejoras (tratamiento “DE PUÉ ”) generó una disminución significativa en la proporción total de tablas rechazadas por exceso de humedad. En términos de mejoras desde el punto de vista industrial, se logró disminuir la proporción de madera húmeda de 3,34% a 1,36 %.

La necesidad de resecar la madera húmeda, aunque no deteriora la madera, en definitiva es un reproceso que significa un sobre costo y complicaciones operativas: Esta madera húmeda no puede ser secada junto a la madera verde - *por lo cual se reseca* -, o esperar a completar una carga de madera húmeda, - *lo cual acarrea el riesgo de que se deteriore por mancha azul el material acumulado* - y también produce una discontinuidad del flujo productivo, por falta de materia prima para maquinar, lo que genera tiempos improductivos.

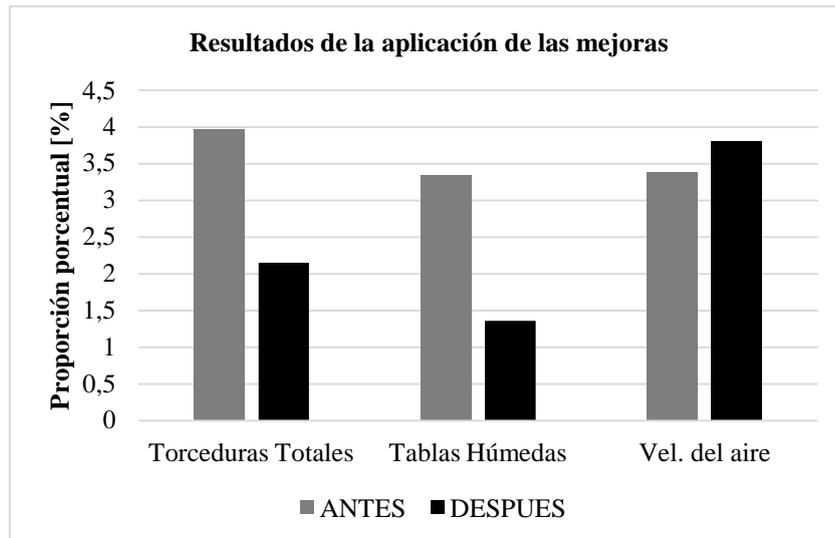
Un aspecto que merece un análisis más profundo es la menor dispersión de los valores de excesiva humedad. La heterogeneidad de la humedad

se redujo pasando el desvío estándar de 1,33 a 0,65; lo que significa mayor homogeneidad de la humedad en general y una mejor calidad del secado.

Para la velocidad de circulación del aire en relación a las modificaciones, el Test de Tukey indica que la aplicación de las mejoras (tratamiento “Después”) generó una mejora significativa en la velocidad de circulación del aire. Esta mejora en la circulación del aire está relacionada a un contenido de humedad más homogéneo, pues el efecto de “encausamiento” del aire producido por los deflectores obliga a que un mayor volumen de aire pase de forma uniforme a través de la madera que se está secando, evitando que se escape por los diferentes “by pass” (PEZO, 2007; MAREK, 20 4) Esto redundará en una madera seca con mayor homogeneidad, evita zonas de la carga húmedas, y en definitiva acelera el proceso pues lo optimiza. Partiendo de que el proceso de secado tiene un costo horario aproximado de 133 a 155 \$/h (MAREK, 2013), cualquier reducción del tiempo insumido significa importantes ahorros anuales.

**Tabla 2: Resultados del Test de Tukey al 5% de probabilidad. Diferentes letras indican diferencias estadísticamente significativas****Table 2: Results of Tukey test at 5% probability. Different letters denotes statistically significant differences**

| Trat.   | Deformaciones Totales | Piezas Húmedas | Vel. del aire |
|---------|-----------------------|----------------|---------------|
|         | Media (%)             | Media (%)      | Media (%)     |
| ANTES   | 3,97 A                | 3,34 A         | 3,39 A        |
| DESPUES | 2,15 B                | 1,36 B         | 3,81 B        |



**Gráfico: Comparación de las variables respuestas antes y después de las mejoras**  
**Graphic: Comparison of the results before and after improvements**

## CONCLUSIONES

Las mejoras en las instalaciones de secado tuvieron un efecto positivo en el desempeño de los secaderos de madera, mejorando la velocidad del aire, y los indicadores de calidad tenidos en cuenta por la empresa para sus exigencias técnicas de uso, logrando una reducción de madera “no conforme” cercana al 50 % de la existente previamente a la aplicación de las mejoras indicadas en el trabajo.

Se logró reducir la proporción de madera deformada y de madera húmeda, que son los principales aspectos indeseables del secado, los cuales las empresas constantemente buscan reducir, para lograr un mejor grado de aprovechamiento de la madera seca en el procesamiento de remanufactura.

El hecho de que los defectos de secado disminuyeran a la mitad justifica ampliamente la mejora en el sector mediante la implementación de las BPM, instalación de deflectores y su correcto uso en cada ciclo de secado. Las mejoras obtenidas apoyan la decisión de la empresa de solicitar asistencia técnica y de apostar a la capacitación del personal como una fuente de mejora continua de los procesos.

Como conclusión, se ratifica la importancia de incorporar conocimiento técnico y profesional en el proceso de secado; y vinculado a este trabajo profesional, la necesidad e importancia de llevar el control de indicadores de desempeño.

## BIBLIOGRAFÍA

ATENCIA, M. E.; Testadiferro, C. K. Optimización de procesos de secado de madera aserrada a partir de un relevamiento nacional de empresas madereras. Centro de Investigación y

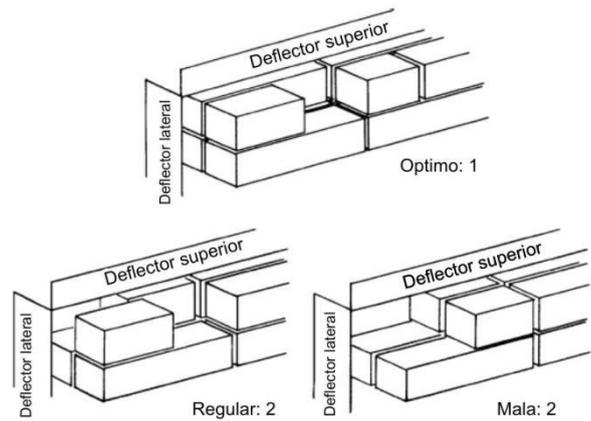
- Desarrollo de la Industria de la Madera y Afines (CITEMA) Instituto Nacional de Tecnología Industrial – Boletín INTI-CITEMA Octubre 2000.
- DENIG, J.; HANOVER, S. Y HART, C.; 1988. Kiln Drying Southern Yellow Pine Lumber.
- DI RIENZO J.A., CASANOVES F., BALZARINI M.G., GONZALEZ L., TABLADA M., ROBLEDO C.W. InfoStat versión 2012. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL <http://www.infostat.com.ar>
- HILDEBRANDT, 1970. Kiln Drying of Saw Timber. Nürtinger, Alemania
- MAREK, 2013. Costo estándar y costo horario de sector caldera y secado. Trabajo de Consultoría Aserradero Puerta de Misiones SRL – Trabajo inédito.
- MAREK, 20 4 Medición del “by pass” en secaderos de madera (mediante Anemómetro Testo 405) – Simulación de by pass. RRA Renewable Resource Associates, Inc. EEUU – Trabajo inédito.
- MILOTA, M.; Boone, R.; Danielson, J. Y Huber, D.; 1991. “Quality Drying pf oftwood Lumber: Guidebook and C ecklist” Gen Tec Rep FPL-IMP-GTR-1, Madison, WI: U.S. Departament of Agriculture, Forest Service. Forest Products Laboratory. 50 p.
- PEZO, J.; 2009a. “Un tema básico del secado” “BOLETIN TECNICO N° 45 Mayo 2009 ” Mahild Drying Technologies GMBH - Meisenweg 1 72622 Nürtinger, Alemania.
- PEZO, J ; 2007 “ ecado de Madera” Mahild. Mahild Drying Technologies GMBH - Meisenweg 1 72622 Nürtinger, Alemania.
- PEZO, J ; 2008 “BOLETIN TECNICO N° 29 Enero 2008” Mahild. Mahild Drying Technologies GMBH - Meisenweg 1 72622 Nürtinger, Alemania.

- PEZO, J. ; 2009b “BOLETIN TECNICO N° 42  
Febrero 2009- ALGUNAS REALIDADES EN  
EL PROCESO DE SECADO ” Mahild. Mahild  
Drying Technologies GMBH - Meisenweg 1  
72622 Nürtinger, Alemania.
- SIMPSON, 1991 Dry Kiln Operator's Manual -  
Forest Products Laboratory – USDA. Publication:  
USDA Agricultural Handbook AH-188, Accedido  
10-2-2010 en:  
[http://www.fpl.fs.fed.us/documnts/usda/ah188/cha  
pter05.pdf](http://www.fpl.fs.fed.us/documnts/usda/ah188/cha<br/>pter05.pdf)
- UNPRE, 2006. Capacidad de secado en la industria  
forestal de la provincia de Misiones. Estudio  
1.EE.278 - Consultoría Individual Unidad de  
Preinversión (UNPRE) Programa Multisectorial  
de Preinversión II- Préstamo BID 925 OC-AR -  
Secretaría de Política Económica Ministerio de  
Economía y Producción de la Nación
- WHITE, Tom; 995 “What's so baffling about kiln  
baffles” American Wood Dryers, Inc Clackamas,  
Oregon.

**ANEXO I: CALIDAD DE APILADO DE MADERA**

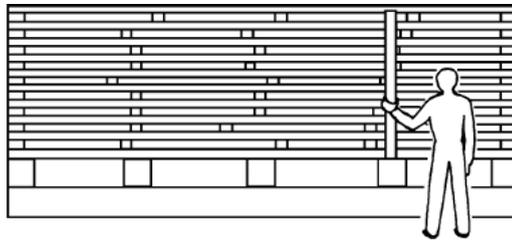
a) Empalme de los paquetes para acomodar cargas cortas:

Si fuera posible, todos los paquetes deben tener la misma longitud. Cuando esto no es posible, los paquetes más cortos se deben colocar en la parte superior de los paquetes más largos. Si hay paquetes más cortos tienen que ser puestos escalonados de manera que no se dejan huecos. Se evalúa gráficamente según el siguiente esquema

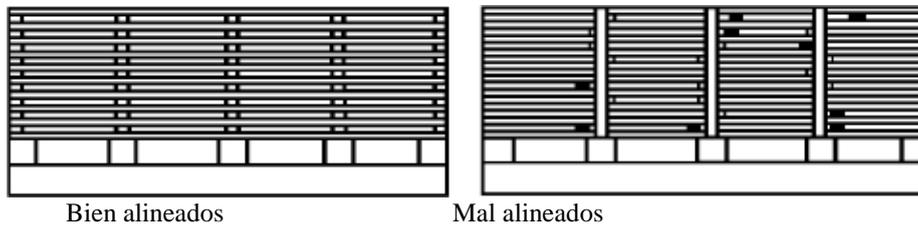


b) Alineación de los palillos o separadores

Esto es importante porque si los separadores no están alineados, las tablas se deforman por el propio peso, y se secan bajo esas condiciones; originando defectos de cepillado.

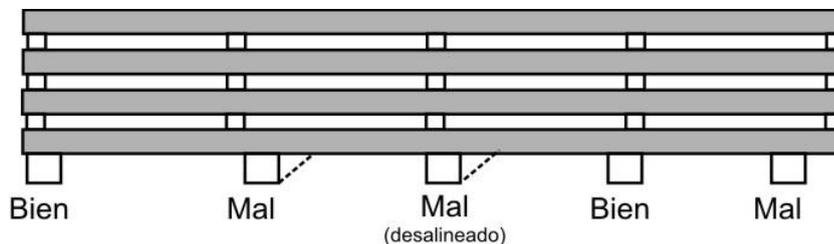


Método de chequeo de alineación de los separadores, sosteniendo un separador verticalmente frente a la columna de separadores. Ejemplos de abajo, los separadores en color negro están desalineados.



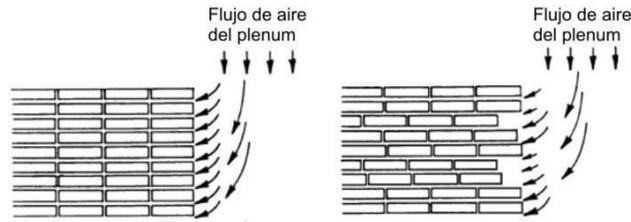
c) Correcta colocación de tacos

Los tacos deben ser colocados alienados con los separadores. Esto asegura que el peso se transfiera a través de la columna de separadores, sin causar arqueaduras o deformaciones en la madera.



d) Mejor armado superficie de los paquetes, al borde de la zorra

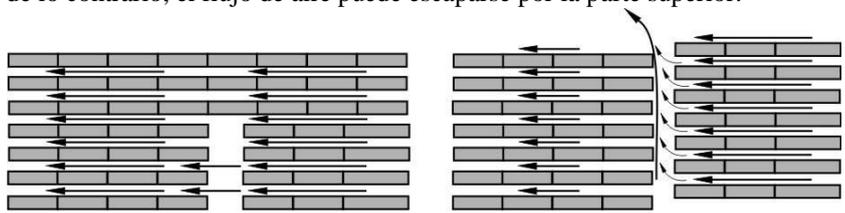
Laterales del paquete desparejos producen un flujo de aire no uniforme. La desalineación de los laterales en lo posible debe ser menor de 3 cm. (La longitud de las flechas es proporcional al flujo de aire)



e) Espaciamiento entre estibas de paquetes de una misma zorra

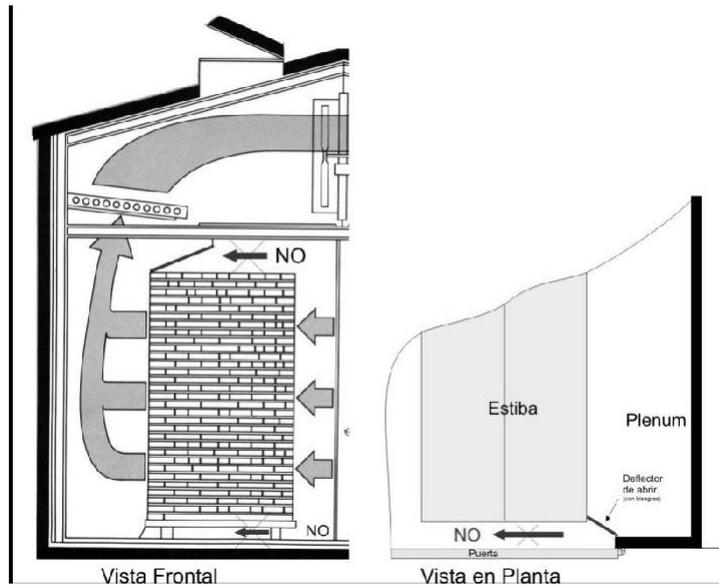
En el armado de las dos estibas por zorra es importante verificar que el aire pase fácilmente de un paquete al adyacente. El operador de carga debe dejar un espacio de 50 a 75 mm para permitir que esto actúe como colector entre los dos paquetes, especialmente si no se puede ver de un lado al otro, porque hay diferencias en altura como se ve en la figura. Esto permite que el aire atraviese el primer paquete y que la "cámara" proporcione un flujo de aire uniforme a través del segundo paquete.

La cámara o chimenea debe estar cerrada en la parte superior, empujando con la uña de la máquina 1 o 2 camadas de tablas; de lo contrario, el flujo de aire puede escaparse por la parte superior.



Chimenea para el flujo a través de la estiba. (La longitud de las flechas es proporcional al flujo de aire)

f) Deflectores:



Los deflectores tienen la función de dirigir el aire a través de la madera, en lugar de dejarlo ir alrededor de los extremos de los paquetes o por la parte superior, o inferior de la carga. No colocarlos ocasiona la ocurrencia de madera muy seca en la parte superior, y un secado desigual, además de que se requiere mayor tiempo de secado, y se produce un malgasto de la energía.

Los deflectores deben ser colocados al ras contra toda la carga y ser asegurados para que no se muevan durante el secado. Como la madera se contrae en el secado, la carga reduce su altura, por lo que el deflector debe tener una articulación que le permita bajar.

# DENSIDADES Y FLEXIÓN ESTÁTICA DE LAS MADERAS DE *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden Y *Ruprechtia laxiflora* IMPREGNADAS Y SIN IMPREGNAR, DE LA PROVINCIA DE MISIONES

## DENSITY AND STATIC FLEXION OF *Eucalyptus grandis* HILL EX MAIDEN AND *Ruprechtia laxiflora* WOODS IMPREGNATED AND WITHOUT IMPREGNATION OF MISIONES PROVINCE

Suirezs Teresa<sup>1</sup>  
Bobadilla Elisa<sup>1</sup>  
Weber Elizabeth<sup>1</sup>  
Arenhardt Orlando<sup>1</sup>  
Bernio Julio<sup>1</sup>  
Marek Marcelo<sup>1</sup>  
Morel Mariela<sup>2</sup>  
Bragañolo Adelaida<sup>2</sup>

Fecha recepción: 23/10/2012  
Fecha de aceptación: 19/12/2013

1. Ing. Ftal. Docentes. Investigadores. Facultad de Ciencias Forestales (UNaM). Bertoni 124 (3380). Eldorado, Misiones, Argentina. suirezs@facfor.unam.edu.ar
2. Alumnas 5<sup>o</sup> Año. Ing. I.M. Facultad de Ciencias Forestales (UNaM). Bertoni 124 (3380). Eldorado, Misiones, Argentina.

### SUMMARY

The main properties that are taken into account to select a species of wood for structural uses are: its density, elasticity modulus and static flexion breakage, all this defined as an objective the study of *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden (eucalyptus) and *Ruprechtia laxiflora* (mamelero, ibirá, viraró blanco) wood, without impregnation and impregnated with Wolman E (CA-B). These commercial woods were selected in industries of the zone, they were stabilized to make samples for the tests. The impregnation was done with the Burnett's method. The properties studies were done using the IRAM Norms N° 9544 and 9542. The densities of the two studied species showed differences statistically significant between impregnated and without impregnation woods. The moduli of breakage and elasticity to the static flexion for eucalyptus wood showed significant differences, but not for the marmelero.

**Key words:** Density, Static bending, impregnated wood, *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden, *Ruprechtia laxiflora*.

### RESUMEN

Las principales propiedades que se tienen en cuenta, para seleccionar una especie de madera para usos estructurales son la densidad, modulo de elasticidad y rotura a la flexión estática, esto llevo a definir como objetivo el estudio de las maderas de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden (eucalipto) y *Ruprechtia laxiflora* (mamelero, ibirá, viraró blanco) sin impregnar e impregnadas con Wolman E (CA-B). Estas maderas comerciales fueron seleccionadas de las industrias de la zona, se estabilizaron para la elaboración de las probetas de ensayos. La impregnación se realizó con el método de Burnett. Los estudios de las propiedades se efectuaron bajo las normas IRAM N° 9544 y 9542. Las densidades de las dos especies estudiadas, arrojaron diferencias estadísticamente significativas entre maderas impregnadas y sin impregnar. Los módulos de rotura y elasticidad a la flexión estática para la madera de eucalipto mostraron diferencias significativas, no así para el marmelero.

**Palabras clave:** Densidad, Flexión estática, Madera impregnada, *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden, *Ruprechtia laxiflora*.

### INTRODUCCIÓN

La madera de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden posee un buen potencial para ser usada en postes, chapa decorativa, ensambladuras, pisos, postes para el alambrado, puntales en minas y postes de cercas, y para la construcción en general. (GEORGE M. Y JOHN F. 1990).

Las propiedades físicas al 15 % de humedad muestran un peso específico de 0,560 g/cm<sup>3</sup>; siendo una madera poco penetrable a impregnación líquida. Las propiedades mecánicas como la resistencia a la flexión estática muestran un modulo de rotura de 506 kg/cm<sup>2</sup> y un módulo de elasticidad de 111607 kg/cm<sup>2</sup>, (NEILL, 2004).

Es una especie que presenta duramen de color rosado y la albura color pardo amarillento. Los

anillos de crecimiento son poco demarcados, la porosidad difusa, con poros solitarios y disposición diagonal en algunos sectores. Tilosis abundante. Su peso específico aparente es de 0,525 g/cm<sup>3</sup>, (ACOSTA, 2003).

SUIREZS *et al.* (2010), obtuvieron una absorción de 224,23 l/m<sup>3</sup> en la madera de eucaliptos estacionada al 12 % de contenido de humedad, impregnada a presión en autoclave por el método de Burnett.

La madera de marmelero es utilizada en carpintería, sillas, tirantería, machimbres, y para mobiliario en general. Es de color amarillenta, textura fina, homogénea, grano derecho, veteado espigado y duramen pardo rosáceo. Con el secado rápido produce rajaduras y grietas, es difícil de aserrar, pero de fácil cepillado y lijado, permite obtener un excelente acabado. Es una madera dura para clavar y atornillar y posee muy buen agarre. Su peso específico aparente es de 0,740 g/cm<sup>3</sup>. El módulo de rotura a la flexión estática 890,00 kg/cm<sup>2</sup> y el módulo de elasticidad de 112420 kg/cm<sup>2</sup>. (LÓPEZ *et al.* 1987)

El preservante Wolman E (CA-B) (Cobretuconazole-etanolamina) o Copper azole es hidrosoluble compuesto por cobre y un biocida orgánico, está aprobado por la agencia de protección ambiental de E.E.U.U. y por la asociación de preservadores de madera de E.E.U.U. (AWPA). En cuanto a sus aplicaciones es muy similar al cromo cupro arsenicales (CCA). En Europa, los productos alternativos al CCA que se utilizan para preservar maderas que estarán en contacto con el suelo son el Cobre cloruro de benzalconio, CA-B (Cobretuconazole-etanolamina), CBA (Cobre-Boro-Azol), Cu-HDO (xyligen cobre). Los preservantes para usos sin contacto con el suelo son el TBTO (óxido de tributil estaño) y TBTN (naftenato de tributil estaño). (FREEMAN *et al.* 2003).

Como hipótesis de trabajo se planteó que las maderas impregnadas con CA-B no varían sus propiedades respecto a las maderas sin impregnar.

Se planteó como objetivo principal de este trabajo, estudiar los módulos de rotura y módulo de elasticidad a la flexión estática y los pesos específicos aparentes de las maderas de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden y *Ruprechtia laxiflora* sin impregnar e impregnadas con CA-B.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Las maderas de eucalipto y marmelero fueron seleccionadas al azar de las siguientes industrias, aserradero Nativa km 18; aserradero Carlos Reble Ruta 12; Michael Siellez avenida El Fundador, instalados en el Departamento de Eldorado, Misiones. Para la obtención de muestras se siguió la metodología de Hannes Hoheisel (1968), adquiriendo cuatro listones por especie y por industria, se elaboraron cuatro probetas de madera

por listón para cada ensayo, de las que se seleccionaron 40 para densidad y 40 para flexión estática, la mitad de las probetas fueron usadas como testigo y la otra mitad para impregnar.

### Impregnación de las maderas

Las maderas se impregnaron por el método Burnett, que consistió en aplicar vacío inicial de -0,50 kg/cm<sup>2</sup> por 5 minutos, seguido por 7 kg/cm<sup>2</sup> de presión durante 120 minutos y finalmente 5 minutos de vacío final de -0,50 kg/cm<sup>2</sup>.

### Propiedades Físicas

Para la determinación de las densidades se utilizaron 20 probetas por especie de maderas impregnadas y 20 probetas por especie de madera sin impregnar, siendo utilizadas estas últimas como testigo.

Las densidades o pesos específicos aparentes: estacionado, anhidro, básico y saturado de las maderas se determinaron como se establece en la Norma IRAM N° 9544, utilizándose las siguientes ecuaciones, PEE = Pe/Ve (1); PEA = Po/Vo (2); PEB= Po/Vs (3); PES= Ps/Vs (4)

Siendo: PEE = Peso específico aparente estacionado, en g/cm<sup>3</sup>. Pe = Peso de la muestra estacionada, en g. Ve = Volumen de la muestra estacionada, en cm<sup>3</sup>. PEA = Peso específico aparente anhidro, en g/cm<sup>3</sup>. Po = Peso de la muestra anhidra, en g. Vo = Volumen de la muestra anhidra, en cm<sup>3</sup>. PEB=Peso específico básico, en g/cm<sup>3</sup>. Vs=Volumen de la muestra saturado, en cm<sup>3</sup>. PES=Peso específico saturado, g/cm<sup>3</sup>. Ps=Peso de la muestra saturada, g.

### Propiedades mecánicas

Para estudiar flexión estática se utilizaron 20 probetas por especie de maderas impregnadas y 20 probetas por especie de madera sin impregnar como testigo, las mismas fueron ensayadas en una máquina universal de ensayos. Los módulos de rotura y módulos de elasticidad de las maderas se calcularon como lo especifica la Norma IRAM N° 9542. Con probetas de 2 cm de base x 2 cm de altura y 34 cm de largo. Se usaron las siguientes ecuaciones. MOR= 3PL/2bh<sup>2</sup> (5); MOE = P'L<sup>3</sup>/4bh<sup>3</sup>f (6)

Siendo: MOR = módulo de rotura, en kg/cm<sup>2</sup>. P = Carga de rotura, en kg. b = Base, en cm. L=Longitud entre apoyos, en cm. h=Altura, en cm. MOE = Módulo de elasticidad, en kg/cm<sup>2</sup>; P'= Carga en el límite proporcional elástico, en kg. f = Deformación en el límite proporcional elástico, en cm.

Se calcularon las medias, desvíos estándares, coeficientes de variación, valores mínimos y máximos de cada variable. Los datos se analizaron a través del análisis de la variancia y para ver entre que medias hay diferencias se emplea el Test de Tukey, con el programa Infostat.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden

En la tabla 1 se encuentran los valores promedios de las densidades estacionadas, anhidra, básica y saturada estudiadas de la madera de *Eucalyptus grandis*, sin impregnar e impregnada con CA-B.

En la tabla 1 se puede observar que para todas las densidades hay diferencia significativas cuando se comparan las maderas impregnadas y sin impregnar. Los pesos específicos aparentes estacionado, básico y anhidro presentaron valores menores en la madera impregnada respecto a la madera sin impregnar, mientras que el peso específico saturado arrojó un valor mayor en la madera impregnada. El peso específico aparente o densidad estacionada de la madera sin impregnar es inferior a 0,560 g/cm<sup>3</sup> y 0,525 g/cm<sup>3</sup> obtenidos por (NEILL, 2004) y (ACOSTA, 2003) respectivamente.

En el gráfico 1 se muestra la comparación de medias de las distintas densidades de la madera de *Eucalyptus grandis* impregnada con CA-B y sin

impregnar.

En la tabla 2 se detallan los valores promedios obtenidos para el módulo de elasticidad (MOE) y módulo de rotura (MOR) a la flexión estática de la madera de eucalipto impregnada con CA-B y sin impregnar.

En la tabla 2 los valores de modulo de elasticidad y modulo de rotura de la madera impregnada y sin impregnar dan diferencias estadísticamente significativas, los MOE y MOR presentan valores inferiores a la madera impregnada. El módulo de rotura y de elasticidad de la madera sin impregnar presentó valores superiores a 506 kg/cm<sup>2</sup> y 111600 kg/cm<sup>2</sup> encontrados por (NEILL, 2004)

En los gráficos 2 y 3 se pueden observar las comparaciones de medias del modulo de rotura (gráfico 2) y modulo de elasticidad (gráfico3).

En la tabla 3 se encuentran los valores promedios de las densidades estacionadas, anhidra, básica y saturada estudiadas de la madera de *Ruprechtia laxiflora*, sin impregnar e impregnada con CA-B.

**Tabla 1: Valores promedios de las densidades de *Eucalyptus grandis* en madera impregnada con CA-B y sin impregnar**

**Table 1: Densities mean values of *Eucalyptus grandis* wood impregnated with CA-B and without impregnation**

| Tratamiento   | Densidades | n  | Media g/cm <sup>3</sup> | DS   | CV %  | Mín   | Máx   |
|---------------|------------|----|-------------------------|------|-------|-------|-------|
| impregnado    | PEA        | 20 | 0,476 a                 | 0,05 | 9,60  | 0,410 | 0,579 |
| sin impregnar | PEA        | 20 | 0,590 b                 | 0,07 | 12,06 | 0,480 | 0,716 |
| impregnado    | PEB        | 20 | 0,430 a                 | 0,04 | 8,74  | 0,386 | 0,500 |
| sin impregnar | PEB        | 20 | 0,519 b                 | 0,06 | 11,09 | 0,427 | 0,628 |
| impregnado    | PES        | 20 | 0,939 b                 | 0,05 | 5,31  | 0,857 | 1,024 |
| sin impregnar | PES        | 20 | 0,834 a                 | 0,08 | 9,41  | 0,703 | 1,021 |
| impregnado    | PEE        | 20 | 0,507 a                 | 0,05 | 9,97  | 0,442 | 0,625 |
| sin impregnar | PEE        | 20 | 0,644 b                 | 0,08 | 12,61 | 0,517 | 0,800 |

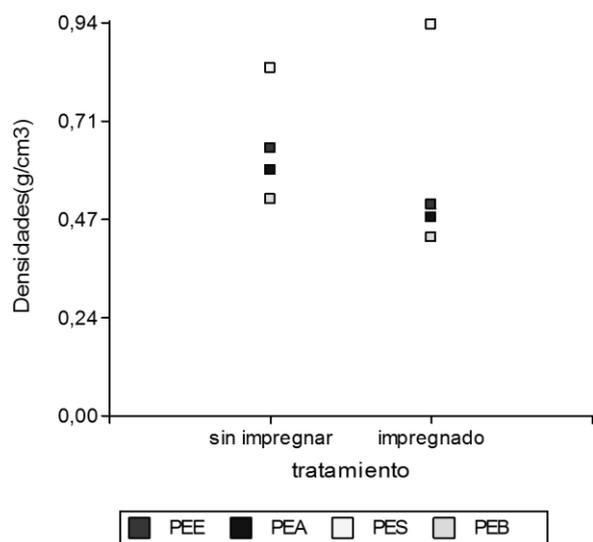
PEA: densidad anhidra; PEB: Densidad básica; PES: densidad saturada; PEE: densidad estacionada; DS: Desviación estandar; CV: Coeficiente de Variación; Min: Mínimo; Max: Máximo.

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p \leq 0,05$ )

En la tabla 3 se puede observar que para todas las densidades hay diferencia significativas cuando se comparan las maderas impregnadas y sin impregnar. Las densidades de la madera del marmelero impregnado presentan valores mayores que la madera sin impregnar. La densidad estacionada (PEE) de la madera sin impregnar de este trabajo arrojó un valor inferior a 740 kg/m<sup>3</sup>, obtenido por LÓPEZ et al. 1987.

En el gráfico 4 se presentan las comparaciones de medias de las densidades de marmelero sin impregnar e impregnado con CA-B.

En la tabla 4 se muestran los resultados obtenidos para los módulos de elasticidad y módulo de rotura a la flexión estática de la madera del marmelero sin impregnar e impregnada con CA-B.



**Gráfico 1: Comparación de medias de las distintas densidades de maderas de *Eucalyptus grandis* sin impregnar e impregnadas. Se gráfico solo la media para que no se superpongan los desvíos.**  
**Graph 1: Comparison of mean of different densities of *Eucalyptus grandis* wood without impregnation and impregnated. Only the media was graphed so the deviation would not be superposed.**

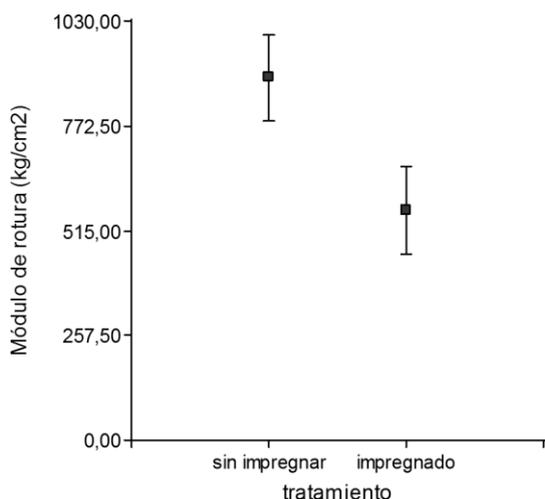
**Tabla 2: Valores promedios de módulos de elasticidad y de rotura a la flexión estática de la madera de *Eucalyptus grandis* impregnada con CA-B y sin impregnar**

**Table 2: Mean values of elasticity and breakage to static flexion moduli of *Eucalyptus grandis* wood impregnated with CA-B and without impregnation.**

| Tratamiento   | Módulo | n  | Media Kg/cm <sup>2</sup> | DS       | CV %  | Mín      | Máx      |
|---------------|--------|----|--------------------------|----------|-------|----------|----------|
| impregnado    | MOR    | 20 | 564,00 a                 | 108,44   | 19,23 | 468      | 856      |
| sin impregnar | MOR    | 20 | 890,15 b                 | 104,95   | 11,79 | 703,1    | 1125     |
| impregnado    | MOE    | 20 | 82811,45 a               | 8385,04  | 10,13 | 72166    | 100902   |
| sin impregnar | MOE    | 20 | 138197,85 b              | 23703,92 | 17,15 | 105468,8 | 188733,6 |

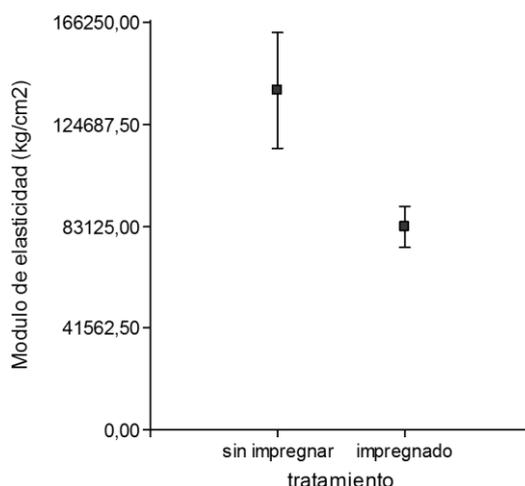
MOR: Módulo de rotura; MOE: Módulo de elasticidad; DS: Desviación estandar; CV: Coeficiente de Variación; Min: Mínimo; Max: Máximo.

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p \leq 0,05$ )



**Gráfico 2: Comparación de medias del módulo de rotura de maderas de eucaliptos sin impregnar e impregnadas**

**Graph 2: Comparison of mean of breakage modulus of eucalyptus wood without impregnation and impregnated.**



**Gráfico 3: Comparación de medias del módulo de elasticidad de maderas de eucaliptos sin impregnar e impregnadas.**

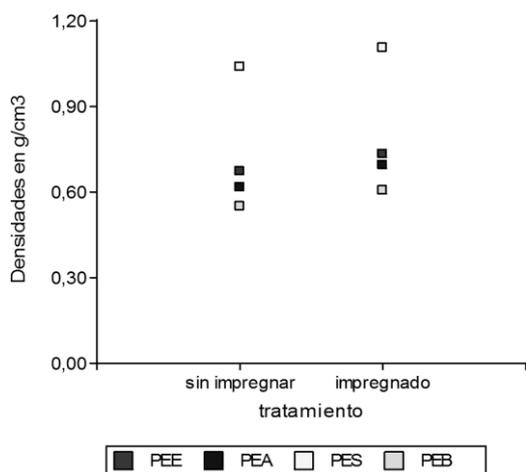
**Graph 3: Comparison of mean of elasticity modulus of eucalyptus wood without impregnation and impregnated.**

**Tabla 3: Valores promedios de las densidades de la madera impregnada con CA-B y sin impregnar de marmelero****Table 3: Densities mean values of marmelero wood impregnated with CA-B and without impregnation.**

| Tratamiento   | Densidades | n  | Media g/cm <sup>3</sup> | DS   | CV % | Mín   | Máx   |
|---------------|------------|----|-------------------------|------|------|-------|-------|
| impregnado    | PEA        | 20 | 0,692 b                 | 0,03 | 3,81 | 0,632 | 0,750 |
| sin impregnar | PEA        | 20 | 0,616 a                 | 0,05 | 8,33 | 0,541 | 0,714 |
| impregnado    | PEB        | 20 | 0,606 b                 | 0,02 | 3,11 | 0,571 | 0,636 |
| sin impregnar | PEB        | 20 | 0,549 a                 | 0,03 | 6,26 | 0,500 | 0,611 |
| impregnado    | PES        | 20 | 1,108 b                 | 0,03 | 2,88 | 1,023 | 1,154 |
| sin impregnar | PES        | 20 | 1,037 a                 | 0,04 | 3,49 | 0,974 | 1,116 |
| impregnado    | PEE        | 20 | 0,734 b                 | 0,03 | 3,60 | 0,692 | 0,780 |
| sin impregnar | PEE        | 20 | 0,670 a                 | 0,05 | 7,84 | 0,600 | 0,786 |

PEA: densidad anhidra; PEB: Densidad básica; PES: densidad saturada; PEE: densidad estacionada; D.S.: Desviación estandar; C.V: Coeficiente de Variación; Min: Mínimo; Max: Máximo.

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p \leq 0,05$ )



PEA: densidad anhidra; PEB: Densidad básica; PES: densidad saturada; PEE: densidad estacionada

**Grafico 4: Comparación de medias de las distintas densidades de maderas de marmelero sin impregnar e impregnadas. Se gráfico solo la media para que no se superpongan los desvíos. Graph 4: Comparison of mean of different densities of marmelero wood without impregnation and impregnated. Only the media was graphed so the deviation would not be superposed.**

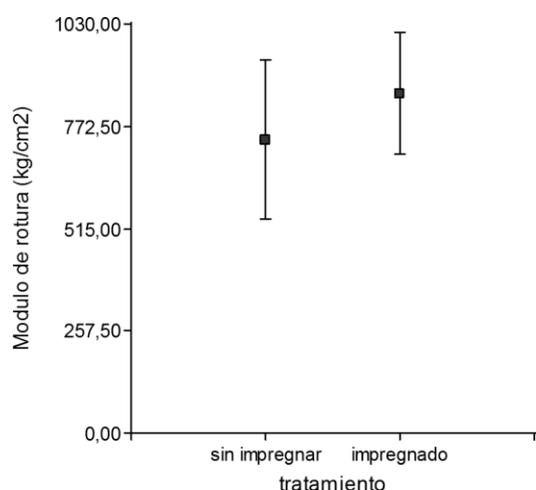
Como se puede observar en la tabla 4 los valores de MOR a la flexión estática del marmelero presentan diferencias significativas para las distintas maderas impregnadas y sin impregnar, mejorando en este caso el modulo de rotura en la madera impregnada, por presentar un valor significativamente mayor. Los MOE no presentaron diferencias significativas entre maderas impregnadas y sin impregnar. Los valores obtenidos de los módulos de rotura y elasticidad a la flexión estática, son inferiores a 890,00 kg/cm<sup>2</sup> y 112420 kg/cm<sup>2</sup> presentado por LÓPEZ *et al.* 1987

En los gráficos 5 y 6 se presentan las comparaciones de medias de los módulos de rotura (gráfico 5) y del modulo de elasticidad (gráfico 6).

**Tabla 4: Valores promedios de módulos de elasticidad y módulo de rotura de la madera impregnada y sin impregnar de marmelero****Table 4: Mean values of elasticity and breakage to static flexion moduli of marmelero wood impregnated with CA-B and without impregnation**

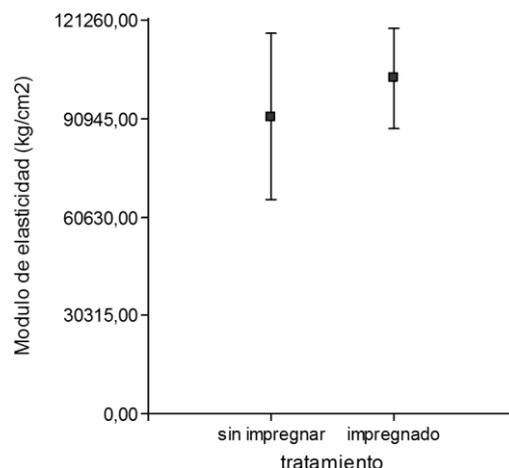
| Tratamiento   | Módulos | n  | Media kg/cm <sup>2</sup> | DV       | CV %  | Mín     | Máx      |
|---------------|---------|----|--------------------------|----------|-------|---------|----------|
| impregnado    | MOR     | 20 | 855,3 b                  | 151,12   | 17,67 | 597     | 1147     |
| sin impregnar | MOR     | 20 | 739,04 a                 | 201,03   | 27,2  | 414     | 1033     |
| impregnado    | MOE     | 20 | 103257,3 a               | 15345,27 | 14,86 | 67673,7 | 126912   |
| sin impregnar | MOE     | 20 | 91391,91 a               | 25557,55 | 27,96 | 52259,6 | 154369,3 |

MOR: Módulo de rotura; MOE: Módulo de elasticidad; DS: Desviación estandar; CV: Coeficiente de Variación; Min: Mínimo; Max: Máximo. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p \leq 0,05$ )



**Gráfico 5: Comparación de medias del módulo de rotura de maderas de marmelero sin impregnar e impregnadas.**

**Graph 5: Comparison of mean of breakage modulus of marmelero wood without impregnation and impregnated.**



**Gráfico 6: Comparación de medias del módulo de elasticidad de maderas de marmelero sin impregnar e impregnadas.**

**Graph 6: Comparison of mean of elasticity modulus of marmelero wood without impregnation and impregnated**

## CONCLUSIONES

Las maderas de *Eucalyptus grandis* impregnadas han resultado con valores de peso específico aparente estacionado. Básico y anhidro menores estadísticamente significativas comparadas con las no impregnadas y el peso específico saturado fue mayor estadísticamente significativo en la madera impregnada.

Los módulos de elasticidad y de rotura a la flexión estática de la madera de *Eucalyptus grandis* impregnada dieron diferencias estadísticamente significativas con valores menores respecto a las maderas sin impregnar.

La madera de *Ruprechtia laxiflora* respondió al tratamiento de impregnación aumentando significativamente todos los pesos específicos aparentes.

Estadísticamente no dieron diferencias significativas los módulos de elasticidad a la flexión estática en la madera impregnada y sin impregnar del marmelero, pero hubo un incremento en el valor del MOE en la madera impregnada. Sin embargo presento diferencias estadísticamente significativas superior el MOR de la madera impregnada respecto a la madera sin impregnar.

## BIBLIOGRAFÍA

- ACOSTA, J. 2003. [www.inta.gov.ar/concordia/info/documentos/Forestation/Eucalyptus/20viviendas.pdf](http://www.inta.gov.ar/concordia/info/documentos/Forestation/Eucalyptus/20viviendas.pdf)
- FREEMAN, et al. 2003. [www.vyh.fi/tila/ilma/paastot/preservation\\_of\\_wood.doc](http://www.vyh.fi/tila/ilma/paastot/preservation_of_wood.doc)
- GEORGE M. y John F. 1990. [www.fs.fed.us/global/iitf/Eucalyptusgrandis.pdf](http://www.fs.fed.us/global/iitf/Eucalyptusgrandis.pdf).
- HANNES HOHEISEL (1968). Estipulaciones para los ensayos de propiedades físicas y mecánicas de la madera. Editado por centro de documentación y publicaciones del instituto forestal latinoamericano. Mérida, Venezuela. Pp.56.
- INSTITUTO ARGENTINO DE RACIONALIZACIÓN DE MATERIALES, IRAM 9542. 1985. Método de ensayo de flexión estática. Pp. 11.
- INSTITUTO ARGENTINO DE RACIONALIZACIÓN DE MATERIALES, IRAM 9544. 1973. Método de la determinación de la densidad aparente. Pp. 10.
- LÓPEZ, J.A; Little, E; Ritz, G; Rombold, J; Hahn, W. 1987. Árboles comunes del Paraguay: ñande yvyra mata kuera. Paraguay, Cuerpo de Paz. Pp. 425.
- NEILL O. H. 2004. Estimación de la calidad de la

madera producida en Uruguay para uso estructural y evaluación en servicio por métodos no destructivo. Dpto de Proyectos Forestales - Laboratorio Tecnológico del Uruguay. Pp. 9.

SUIREZS T. M.; Weber E. M.; Bobadilla E. A.; Pereyra O.; Vera L.; Magnago S. 2010. Absorción en maderas impregnadas por los métodos sin presión y a presión. 2do Congreso Iberoamericano de Protección de la Madera. Mar del Plata. En formato CD.

# EL SISTEMA COOPERATIVO COMO ESTRATEGIA DE COMPETITIVIDAD DE LAS PEQUEÑAS Y MEDIANAS EMPRESAS MADERERAS DE MISIONES. PERSPECTIVAS PARA SU DESARROLLO

## COOPERATIVE SYSTEM AS A STRATEGY FOR COMPETITIVENESS OF SMALL AND MEDIUM ENTERPRISES OF TIMBER FROM MISIONES. PROSPECTS FOR DEVELOPMENT

Brondani Nancy Anahí<sup>1</sup>

Fecha recepción: 14/10/2013  
Fecha de aceptación: 20/12/2013

1. Doctoranda en Administración, Magister en Administración Estratégica de Negocios, Contador Público, Especialista en Concursos y Quiebras, Especialista en Gestión de Recursos Humanos, Profesora de Ciencias Económicas y Empresariales, Especialista en Docencia Universitaria. Docente e Investigadora de la Facultad de Ciencias Económicas de la Universidad Nacional de Misiones. Av. Lavalle N° 1943, CP 3300, Posadas (Misiones) – nancy10bron@hotmail.com

### SUMMARY

From the end of the Convertibility, in forest industry sector of Misiones, begins to perceive signs of enduring competitive disadvantages, in what corresponds to higher costs. Also, on the side of macroeconomic variables behavior of aggregate demand, investment stopped in the segment of large timbers. Therefore it is necessary to install an initiative oriented to formulate a project of cooperative management technology among enterprises in the industry with a focus on Social Market Economy, in order to optimize their situation and positioning in the timber market (domestic and foreign) based on the design of a suitable information system. This article deals with the issue at a qualitative - quantitative scale for a diagnosis, with the purpose of presenting a prospective approach by providing an innovative scheme, which would allow to design a sectorial policy.

**Key words:** Investment. Cooperative Management. Information. Innovation.

### RESUMEN

A partir de la salida de la Convertibilidad, en el sector foresto-industrial de Misiones, comienzan a percibirse señales de estar soportando desventajas competitivas, en lo que a mayores costos corresponde. Además, por el lado del comportamiento de las variables macroeconómicas de la demanda agregada, se detuvo la inversión en el segmento de grandes madereras. Por ello, resulta necesario instalar una iniciativa orientada a formular un proyecto de tecnología de gestión cooperativa entre las empresas del rubro con enfoque de Economía Social de Mercado, a fin de optimizar su situación y el posicionamiento en el mercado de la madera (nacional y foráneo) en base al diseño de un adecuado sistema de información. El presente artículo trata el tema a nivel cuali – cuantitativo a efectos de diagnóstico con el propósito de presentar un enfoque prospectivo mediante el aporte de un esquema de innovación, que permitiría diseñar una política sectorial.

**Palabras claves:** Inversión. Gestión cooperativa. Información. Innovación.

### INTRODUCCION

Considerar la organización cooperativa foresto - industrial, como persona ideal, con centro de convergencia en una actividad común de mercado, reconociendo la localización geográfica de sus emprendimientos, hoy, no óptimamente distribuida en el territorio provincial consiste en el punto de llegada. A ello deben agregarse características conceptuales, operativas y entender el cooperar entre las PyMEs miembros con el fin de crear condiciones asociativas y complementarias suficientes. Actividades orientadas a compartir experiencias de organización, información y comunicación con perspectiva de aseguramiento continuo de calidad organizacional, teniendo como referencia (bench cooperating) a quienes obtienen mejores resultados, porque planificadamente aplican técnicas eficaces en sus procesos de gestión, en factores tales como: calidad, costos, continuidad, cantidad, responsabilidad social

empresaria y complementariedad, todos ellos sintetizables en un indicador de productividad y reconocibles por necesidad de sostener en marcha PyMEs foresto - industriales en un mercado competitivo, con numerosas pequeñas empresas familiares, con cierto desequilibrio institucional, estructural, funcional, tecnológico e informativo.

La expansión de la globalización a nivel de los sistemas económicos en el mundo ha diseñado un cambio energético de escenarios. La eficiencia y la competitividad aparecen como nuevos paradigmas y no están reñidas con la solidaridad y el espíritu de cooperación dentro de las organizaciones. Cómo alcanzar y sostener la ventaja competitiva es una cuestión crucial para el éxito y supervivencia de las PyMEs en general y principalmente de las foresto - industriales en estudio. Actualmente, en el sector foresto-industrial de Misiones, se advierten señales de probables disfunciones endógenas (debilidades) en organizaciones e instituciones de la provincia, conducentes a soportar desventajas competitivas (amenazas), al no repensar desde lo público y lo privado, la idea de impulsar, desarrollar y asegurar un sistema cooperativo inteligente. Así cabe preguntar:

¿Cuál puede ser el enfoque, la visión y perspectivas de conjunto sectorial que, empresarios y funcionarios tienen para este sector de actividad socioeconómica, de cuidado ambiental y de desarrollo humano para la provincia de Misiones? ¿Por qué, habiendo numerosas pequeñas empresas foresto - industriales en Misiones, no se asumen iniciativas institucionales tendientes a mejorar su participación y asegurar su permanencia en el mercado de la madera, en principio nacional, pero con potencial hacia el comercio exterior? ¿Por qué no se prioriza en el concepto productividad orientada a asegurar desarrollo, para este sector de actividad económica? El propósito de este artículo es aportar con entidad propia un planteo temático complementario al trabajo principal de investigación de la Tesis Dr. en Administración (en elaboración por la suscripta ante la Facultad de Ciencias Económicas de la Universidad Nacional de Misiones referente a Estrategias de Comercialización Sectorial para PyMEs foresto - industriales en la Provincia de Misiones), y refiere en general, a la posibilidad de instalar una iniciativa orientada a formular un proyecto de sistema cooperativo actual entre las PyMEs foresto - industriales de Misiones, como opción para mejorar su situación empresaria y el posicionamiento en el mercado de la madera, nacional y foráneo. En particular, resulta necesario analizar para fortalecer las técnicas de gestión que aplican las pequeñas empresas madereras, identificar las pautas culturales de los empresarios que pueden constituir barreras a formas asociativas de mayor potencial productivo y otorgar viabilidad en forma gradual, continua y transparente al concepto de cooperar para mejorar la competitividad de las empresas miembros.

En este contexto de análisis, contributivo a la

investigación principal, cabe suponer como hipótesis que: Sí, dado el estado y condición actual observable del sector empresario foresto - industrial de Misiones, a escala provincial: desequilibrado (95 % pequeñas empresas madereras), desarticulado (inexistencia de cadenas productivas complementarias), desactualizado (tecnologías de gestión y producción de bajo potencial de valor informativo y productivo agregables), territorialmente desordenado y desadministrado en cuanto a productividad esperable en términos de Economía Social a escalas de mercado, entonces, ante la presencia de este problemático modelo 5d, (sigla con que la autora sintetiza los cinco factores desfavorables por estado y condición) es probable que haya llegado el momento de reconocer la necesidad de pensar en una forma asociativa superadora de individualismos y separatismos públicos y privados el orden estructural, en base al concepto cooperativo. A nivel funcional, mediante un plan estratégico y, a nivel comunicacional con un modelo informativo, en acción simultánea para fortalecer la estructura, funcionamiento y desarrollo de las unidades económicas del sector.

El Programa de Competitividad del Norte Grande de la Secretaría de Política Económica del Ministerio de Economía y Finanzas Públicas de la Nación, con financiamiento del BID 2005 OC/AR., escasamente divulgado y promovido en a nivel local, constituye un soporte institucional a ser reconocido como un elemento impulsor de la temática que se presenta en el artículo. No sólo por el aseguramiento financiero de proyectos para el rubro muebles de madera, sino por la oportunidad de hacer presentaciones de propuestas, en base a figuras asociativas cooperantes, que permiten mostrar intención y capacidad, orgánicos y sistemáticos, bajo el enfoque de capital social y de responsabilidad social empresaria. A partir de ese marco, otro trabajo relevante es el Plan de Competitividad (PC) del Conglomerado Productivo (COP) Foresto Industrial en la provincia de Formosa, 2011: 2015, que permite visualizar en su mapeo sectorial, la calidad, cantidad y mecanismos de relacionamiento de organizaciones e instituciones participantes. Otro trabajo relevante de consulta lo constituye el antecedente a la reforma de la Ley Fundamental alemana del 2006 que, entre otras innovaciones, normativiza la modernización del sistema federal cooperativo alemán, disponiendo la reforma financiera para profundizar el federalismo cooperativo, mediante la creación de un sistema de impuestos y la institucionalización de tareas comunes. Merece atención, el significado del mensaje pronunciado por el Secretario Ejecutivo Adjunto de la CEPAL en Santiago de Chile el 12 de julio de 2012, con motivo de la celebración del Año Internacional de las Cooperativas, con auspicios de la FAO. Destaco en las cooperativas un factor clave del desarrollo económico y social, contribuyendo a la erradicación de la pobreza, contribuyendo a mejorar

las condiciones sociales y económicas de los pueblos y las comunidades rurales, (PRADO, 2012).

## MATERIALES Y MÉTODOS

El presente trabajo, contributivo a la investigación doctoral en desarrollo, se plantea desde la Economía Social de Mercado, teniendo como punto de partida estratégico situacional al empresario individual y con un horizonte sustentable en modo desarrollo cooperativo intra-sectorial. Materia que al parecer, carece de suficientes estudios e investigaciones a nivel provincial, por la escasez de antecedentes localizados. Con inicio de orden descriptivo, se evoluciona a nivel introductorio explicativo, focalizando la atención en la variable de productividad física sectorial, como elemento índice representativo de fortalezas y debilidades del sector. Por la naturaleza del tema, el marco tecnológico, conceptual y contextual procede de los principios, elementos y relaciones de la Mercadotecnia, con particular atención de propuesta en la figura cooperativa sectorial. El aspecto cuantitativo fue elaborado con planilla de cálculo que permitió reconocer un modelo formal de función y distribución exponencial, como mejor ajuste obtenible para comprender y lograr explicar el comportamiento y medidas de la variable productividad con base transversal de datos correspondientes a registros de producto forestal industrial del año 2003. El área de estudio y en razón de los elementos analíticos con los que se trabajó, puede considerarse a nivel microeconómico sectorial industrial maderero correspondiente a la provincia de Misiones y, el proceso de diseño de datos de naturaleza cuantitativa (en magnitudes físicas absolutas), consistió en transponerlos, tal como se obtuvieron en fuente de origen, a modo tabla comparativa de carácter horizontal en cuanto a producto industrial y vertical en lo referente a distribución zonal. El análisis cualitativo se concretó mediante la calificación de las variables con las que se trabajó, aplicando por ejemplo comparadores del tipo menor, igual, mayor, acerca de las cuales se enunciaron conclusiones, mediante vocablos generalmente utilizados en lenguaje socioeconómico, tales como: máxima potencia contributiva, debilidad sectorial, potencial para mejoramiento y desarrollo.

## RESULTADOS

Por la complejidad observable en el tratamiento del tema, los procesos de diseño, obtención, análisis e interpretación de datos, puede advertirse que, el alcance, participación, diversidad e interacción de elementos físicos, organizacionales y temporales presentes, no conducen a un solo resultado, ni es razonable manejarse con esa restricción informativa, sino que es necesario

considerar un conjunto muestra de resultados cuali-cuantitativos para mejorar el entendimiento de la situación sectorial, como se describen a continuación:

**Cualitativos:** En relación a la situación individual y sectorial actual existente, puede calificarse inicialmente como artesanal, unipersonal, familiar, y escasamente profesional con proyección de conjunto empresario, porque la calidad en el desarrollo de los sistemas de organización, administración y manejo de información de gestión interna, y de relación contextual de mercado en procesos de relación comercial (clientes, proveedores), financiera (entidades bancarias y programas de financiamiento promocional de jurisdicción nacional) y tecnológica (procesos, materiales y maquinaria en aplicación, requerimientos de asistencia técnica y actividades de investigación), muestra un sustento de conocimientos de negocios aplicados de base principalmente intuitiva, con alcance limitado y limitante, teniendo como insumo informativo en aplicación de máxima potencia contributiva al proceso decisorio de negocios, al tradicional balance contable de cierre de ejercicio, destinado inevitablemente al cumplimiento de obligaciones formales comerciales, bancarias y tributarias. Si bien este cuadro de situación generalizada muestra un perfil de debilidad sectorial, también está mostrando un considerable potencial para el mejoramiento y el desarrollo, entre otras probables vías, mediante la herramienta cooperativa intrasectorial. Necesarios y suficientes acuerdos de orden interinstitucional, entre organismos del sector público y entes del sector privado, así como la probabilidad de aplicar adecuados sistemas de orden informativo comunicacional.

**Cuantitativos:** De orden documental, selectivamente focalizados en el producto y en la productividad sectorial, se destaca el significado de datos por configuración para diagnóstico de actividad y no por evolución de serie temporal, con indicador de productividad  $m^3/fábricas$  y, de acuerdo a datos registrados por el organismo fuente de administración pública (SIFIP). El sector estuvo compuesto por 558<sub>2003</sub> pequeñas empresas distribuidas en tres zonas forestales, este, oeste y sur, que dedican su actividad fabril a líneas de productos de madera, clasificados en tres grandes grupos: aserradas, remanufacturas y tableros, en base a los cuales se elaboraron las siguientes tablas.

La zona Oeste, con la menor cantidad de fábricas de la provincia (153<sub>0,274</sub>), es la de mayor cantidad de producto (187.233<sub>0,746</sub>), y por lo tanto de mayor productividad (1.223,7  $m^3$  mes).

La zona Sur, con la mayor cantidad de fábricas de la provincia (221<sub>0,396</sub>), es la de menor cantidad de producto (29.081<sub>0,117</sub>), y por lo tanto de menor productividad (131,6  $m^3$  mes).

**Tabla 1. Distribución en modo crecimiento, sin planificación estratégica de pequeñas fábricas y volúmenes de productos de madera. Misiones 2003**

**Table 1. Distribution in growth mode, without strategic planning of small factories and wood product volumes. Misiones 2003**

| Zonas | Departamentos | Fábricas             | Volumen de producto mensual en m <sup>3</sup> |                         |                         | Total                    |
|-------|---------------|----------------------|---|-------------------------|-------------------------|--------------------------|
|       |               |                      | Aserrada                                      | Remanufactura           | Tableros                |                          |
| Este  | 5             | 184 <sub>0,330</sub> | 33.345 <sub>0,133</sub>                       | 1.143 <sub>0,004</sub>  | 0 <sub>0,000</sub>      | 34.488 <sub>0,137</sub>  |
| Oeste | 5             | 153 <sub>0,274</sub> | 130.685 <sub>0,521</sub>                      | 30.825 <sub>0,123</sub> | 25.723 <sub>0,102</sub> | 187.233 <sub>0,746</sub> |
| Sur   | 7             | 221 <sub>0,396</sub> | 26.683 <sub>0,106</sub>                       | 2.262 <sub>0,009</sub>  | 136 <sub>0,002</sub>    | 29.081 <sub>0,117</sub>  |
| Total | 17            | 558 <sub>1,000</sub> | 190.713 <sub>0,760</sub>                      | 34.230 <sub>0,136</sub> | 25.859 <sub>0,104</sub> | 250.802 <sub>1,000</sub> |

Fuente: Subsecretaría de Bosques y Forestación, Censo de Industrias Madereras, 2003

Los subíndices de volumen, indican fracción relativa decimal, respecto al gran total = 250.802

**Tabla 2. Productividad física media = m<sup>3</sup>/fábricas. Misiones 2003**

**Table 2. Average physical productivity = m<sup>3</sup>/fábricas. Misiones 2003**

| Zonas          | Departamentos | Fábricas | Volumen de producto mensual en m <sup>3</sup> |               |          | Total Zona |
|----------------|---------------|----------|---|---------------|----------|------------|
|                |               |          | Aserrada                                      | Remanufactura | Tableros |            |
| Este           | 5             | 184      | 181,2   | 6,2           | 0,0      | 187,4      |
| Oeste          | 5             | 153      | 854,1   | 201,5         | 168,1    | 1.223,7    |
| Sur            | 7             | 221      | 120,8   | 10,2          | 0,6      | 131,6      |
| Total Producto |               | 558      | 341,8   | 61,4          | 46,3     | 449,5      |

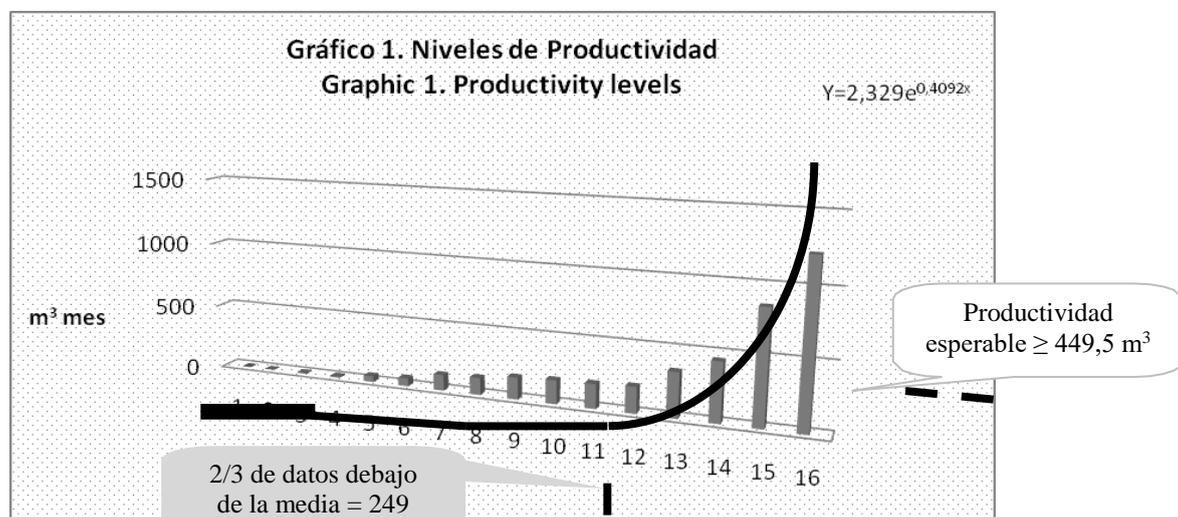
**Tabla 3. Ranking por zona de mayor a menor productividad física media. Misiones 2003**

**Table 3. Ranking by area high to low average physical productivity. Misiones 2003**

| Posición | Grupo producto  |   |   | Zona  |         |       |                    |
|----------|-----------------|---|---|-------|---------|-------|--------------------|
|          | A               | R | T | Este  | Oeste   | Sur   | Provincia          |
| 16       | Total Zona      |   |   |       | 1.223,7 |       |                    |
| 15       | 1               |   |   |       | 854,1   |       |                    |
| 14       | Total Provincia |   |   |       |         |       | <b>449,5Prov</b>   |
| 13       | 1               |   |   |       |         |       | 341,8 <sub>A</sub> |
| 12       |                 | 1 |   |       | 201,5   |       |                    |
| 11       | Total Zona      |   |   | 187,4 |         |       |                    |
| 10       | 1               |   |   | 181,2 |         |       |                    |
| 9        |                 |   | 1 |       | 168,1   |       |                    |
| 8        | Total Zona      |   |   |       |         | 131,6 |                    |
| 7        | 1               |   |   |       |         | 120,8 |                    |
| 6        |                 | 1 |   |       |         |       | 61,4 <sub>R</sub>  |
| 5        |                 |   | 1 |       |         |       | 46,3 <sub>T</sub>  |
| 4        |                 | 1 |   |       |         | 10,2  |                    |
| 3        |                 | 1 |   | 6,2   |         |       |                    |
| 2        |                 |   | 1 |       |         | 0,6   |                    |
| 1        |                 |   | 1 | 0,0   |         |       |                    |

La brecha máxima observable de productividad entre zonas es de 9,3 veces, entre la zona Sur con una mínima de 131,6 m<sup>3</sup> / mes, y la zona Oeste con una máxima de 1.223.7 m<sup>3</sup> / mes.

Se observa que la productividad física mínima recomendable en modo desarrollo = 449,5 m<sup>3</sup> mes, es superada por dos (2) 12,5 %, de los dieciséis (16) ítems posicionados.



**Tabla 4. Distribución empresas sector forestal industrial Misiones**  
**Table 4. Distribution of industrial forest companies in Misiones**

| Empresas | Censo (2010)<br>Fuente: SIFIP | Propuestos | Criterio redistributivo                              |
|----------|-------------------------------|------------|--|
| Grandes  | 7                             | 17         | 1 cada departamento                                  |
| Medianas | 23                            | 38         | 1 cada dos municipios                                |
| Pequeñas | 701                           | 152        | 2 cada municipio                                     |
| Total    | 731                           | 207        | 464 empresas a reconvertir en tamaño y persona ideal |

La probable reconversión productiva sectorial se concibe con enfoque en modo desarrollo, diferente hasta el ahora tradicional histórico en modo crecimiento. Para ello habrán de tenerse en cuenta al menos cuatro criterios mercadotécnicos básicos: El primero, refiere al redistributivo geográfico PLAZA,

esquemático en la tabla 4. El segundo, al cooperativo con centralidad en la relación PRECIO costo. El tercero, al complementario por especialización forestal industrial referente a diferenciación de PRODUCTO y el cuarto, soporte de información y comunicación intra y extra sectorial orientado a la PROMOCIÓN.

**Tabla 5. Modelo por probable distribución en modo desarrollo, con planificación estratégica de pequeñas fábricas y volúmenes de productos de madera. Misiones 2003**

**Table 5. Probable distribution model in development mode, with strategic planning of small factories and volumes of wood products Misiones 2003**

| Zonas | Departamentos | Fábricas             | Volumen de producto mensual en m <sup>3</sup> |                         |                         |                          |
|-------|---------------|----------------------|---|-------------------------|-------------------------|--------------------------|
|       |               |                      | Aserrada                                      | Remanufactura           | Tableros                | Total                    |
| Este  | 6             | 197 <sub>0,353</sub> | 44.272 <sub>0,176</sub>                       | 26.564 <sub>0,106</sub> | 17.709 <sub>0,071</sub> | 88.545 <sub>0,353</sub>  |
| Oeste | 6             | 197 <sub>0,353</sub> | 44.272 <sub>0,176</sub>                       | 26.564 <sub>0,106</sub> | 17.709 <sub>0,071</sub> | 88.545 <sub>0,353</sub>  |
| Sur   | 5             | 164 <sub>0,294</sub> | 36.856 <sub>0,147</sub>                       | 22.113 <sub>0,088</sub> | 14.743 <sub>0,059</sub> | 73.712 <sub>0,294</sub>  |
| Total | 17            | 558 <sub>1,000</sub> | 125.400 <sub>0,500</sub>                      | 75.241 <sub>0,300</sub> | 50.161 <sub>0,200</sub> | 250.802 <sub>1,000</sub> |

**Tabla 6. Modelo de brechas de producto**

**Table 6. Model output gaps**

| Zonas | Modo   | Dep | Fábricas             | Volumen de producto mensual en m <sup>3</sup> |                          |                          |                          |
|-------|--------|-----|----------------------|---|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
|       |        |     |                      | Aserrada                                      | Remanufactura            | Tableros                 | Total                    |
| Este  | Creci  | 5   | 184 <sub>0,330</sub> | 33.345 <sub>0,133</sub>                       | 1.143 <sub>0,004</sub>   | 0 <sub>0,000</sub>       | 34.488 <sub>0,137</sub>  |
|       | Desa   | 6   | 197 <sub>0,353</sub> | 44.272 <sub>0,176</sub>                       | 26.564 <sub>0,106</sub>  | 17.709 <sub>0,071</sub>  | 88.545 <sub>0,353</sub>  |
|       | Brecha | -1  | -13 <sub>0,023</sub> | -10.927 <sub>0,043</sub>                      | -25.421 <sub>0,102</sub> | -17.709 <sub>0,071</sub> | -54.057 <sub>0,216</sub> |
| Oeste | Creci  | 5   | 153 <sub>0,274</sub> | 130.685 <sub>0,521</sub>                      | 30.825 <sub>0,123</sub>  | 25.723 <sub>0,102</sub>  | 187.233 <sub>0,746</sub> |
|       | Desa   | 6   | 197 <sub>0,353</sub> | 44.272 <sub>0,176</sub>                       | 26.564 <sub>0,106</sub>  | 17.709 <sub>0,071</sub>  | 88.545 <sub>0,353</sub>  |
|       | Brecha | -1  | -44 <sub>0,079</sub> | 89.413 <sub>0,345</sub>                       | 4.261 <sub>0,017</sub>   | 8.014 <sub>0,031</sub>   | 98.688 <sub>0,393</sub>  |
| Sur   | Creci  | 7   | 221 <sub>0,396</sub> | 26.683 <sub>0,106</sub>                       | 2.262 <sub>0,009</sub>   | 136 <sub>0,002</sub>     | 29.081 <sub>0,117</sub>  |
|       | Desa   | 5   | 164 <sub>0,294</sub> | 36.856 <sub>0,147</sub>                       | 22.113 <sub>0,088</sub>  | 14.743 <sub>0,059</sub>  | 73.712 <sub>0,294</sub>  |
|       | Brecha | 2   | 57 <sub>0,102</sub>  | -10.173 <sub>0,041</sub>                      | -19.851 <sub>0,079</sub> | -14.607 <sub>0,057</sub> | -44.631 <sub>0,177</sub> |
| Total | Creci  | 17  | 558 <sub>1,000</sub> | 190.713 <sub>0,760</sub>                      | 34.230 <sub>0,136</sub>  | 25.859 <sub>0,104</sub>  | 250.802 <sub>1,000</sub> |
|       | Desa   | 17  | 558 <sub>1,000</sub> | 125.400 <sub>0,500</sub>                      | 75.241 <sub>0,300</sub>  | 50.161 <sub>0,200</sub>  | 250.802 <sub>1,000</sub> |
|       | Brecha | 0   | 0 <sub>0,000</sub>   | 65.313 <sub>0,260</sub>                       | -41.011 <sub>0,164</sub> | -24.302 <sub>0,096</sub> | 0 <sub>0,000</sub>       |

**Creci** Modo crecimiento

**Desa** Modo Desarrollo

Este diagnóstico situacional emergente, basado en la actividad económica sectorial registrada para el período 2003, comparable con un modelo de desarrollo, demanda en primer lugar, reconocer la necesidad de tener que mejorar sustantivamente el nivel de productividad y para ello, habrá que hacer reordenamientos normativos, territoriales, cualitativos y cuantitativos de la actividad empresarial, y de inversión foresto - industrial,

debiendo ponerse de manifiesto un inédito esfuerzo de inteligencia profesional e institucional, convergentes en un esfuerzo cooperativo para asegurar la gestión de los procesos de cambios, con razonable probabilidad de logro.

La Tabla 8, Modelo de Brechas de Productividad, permite observar desequilibrios por defectos y por excesos, señalando cada desvío conducente a diseñar un plan estratégico correctivo

**Tabla 7. Patrones de productividad física mínima recomendables en modo desarrollo**

**Table 7. Patterns minimal physical productivity recommended in development mode**

| Zonas          | Departamentos | Fábricas | Volumen de producto mensual en m <sup>3</sup> |               |          |       |
|----------------|---------------|----------|---|---------------|----------|-------|
|                |               |          | Aserrada                                      | Remanufactura | Tableros | Total |
| Este           | 6             | 197      | 224,7   | 134,8         | 90,0     | 449,5 |
| Oeste          | 6             | 197      | 224,7   | 134,8         | 90,0     | 449,5 |
| Sur            | 5             | 164      | 224,7   | 134,8         | 90,0     | 449,5 |
| Total Producto |               | 558      | 224,7   | 134,8         | 90,0     | 449,5 |

**Tabla 8. Modelo de brechas de productividad**  
**Table 8. Model of productivity gaps**

| Zonas | Modo   | Dep | Fábricas | Volumen de producto mensual en m <sup>3</sup> |               |          | Total   |
|-------|--------|-----|----------|---|---------------|----------|---------|
|       |        |     |          | Aserrada                                      | Remanufactura | Tableros |         |
| Este  | Creci  | 5   | 184      | 181,2   | 6,2           | 0,0      | 187,4   |
|       | Desa   | 6   | 197      | 224,7   | 134,8         | 90,0     | 449,5   |
|       | Brecha | -1  | -13      | -43,5   | -128,6        | -90,0    | -262,1  |
| Oeste | Creci  | 5   | 153      | 854,1   | 201,5         | 168,1    | 1.223,7 |
|       | Desa   | 6   | 197      | 224,7   | 134,8         | 90,0     | 449,5   |
|       | Brecha | -1  | -44      | 629,4   | 66,7          | 78,1     | 774,2   |
| Sur   | Creci  | 7   | 221      | 120,8   | 10,2          | 0,6      | 131,6   |
|       | Desa   | 5   | 164      | 224,7   | 134,8         | 90,0     | 449,5   |
|       | Brecha | 2   | 57       | -103,9  | -124,6        | -89,4    | -317,9  |
| Total | Creci  | 17  | 558      | 341,8   | 61,4          | 46,3     | 449,5   |
|       | Desa   | 17  | 558      | 224,7   | 134,8         | 90,0     | 449,5   |
|       | Brecha | 0   | 0        | 117,1   | -73,4         | -43,7    | 0,0     |

Creci Modo crecimiento

Desa Modo Desarrollo

## CONCLUSIÓN

A partir de la década del '90 en que se profundizaron las políticas económicas con fórmulas liberales, se observa la pauperización, la transformación de cultivos, la venta de explotaciones con cambios de propiedad, y la desaparición de una enorme cantidad de pequeños y medianos productores de todas las ramas de actividad económica agrícola, así como la fusión y/o desaparición de las cooperativas en las que se nuclean y se verificó el salto incremental de las escalas de producción, de la mano de la enorme demanda asiática. La extensión y transformación de la frontera agrícola. El emergente proceso de sojización impulsado por el incremento en los precios internacionales. La creciente afectación de superficies cultivables a especies aptas como materias primas destinadas a biocombustibles, y la carencia de proactivas políticas económicas sectoriales, equilibrantes y compensatorias sustentables, así como la acción de nuevos actores y elementos de mercado (pool de cultivos, tecnología de maquinaria agrícola de gran capacidad de proceso, agroquímicos más eficaces) modificaron sustancialmente las reglas de juego del mercado agrícola. Ese es el marco contextual actual con escenario inflacionario, en el que se desenvuelve la silvicultura argentina en general y la externalidad que afecta a la foresto - industria de Misiones en particular, con una agravante debilidad. No se dispone de un plan de desarrollo foresto - industrial propio. Condición no descubierta por esta investigación. Sino que desde el ámbito académico universitario, la ratifica, pero en modo alguno la justifica dado el potencial del sector, por ser la primera productora forestal de Argentina. La resalta y trata de hacer notar para que sea

posicionada en una agenda de prioridades de desarrollo socioeconómico, por la incertidumbre estratégico situacional diagnosticada y el desorden sectorial, observable a escala piloto. A estos efectos se destaca en el aporte, la probabilidad y potencial del enfoque cooperativo foresto - industrial orientado a los pequeños emprendedores madereros. El gran número de actores e inestables fuerzas emergentes de mercado involucradas, presentes en el sector foresto - industrial de Misiones, formado por una mayoritaria cantidad (95 %) de pequeños unipersonales empresarios madereros, exteriorizan una mínima calidad de gestión organizacional, puesta de manifiesto a nivel muestral, por la dispersión y el bajo nivel de productividad física de sus emprendimientos, en relación a familias de productos como a distribución zonal de las fábricas. El conjunto de datos observables en el gráfico de niveles de productividad, permite una expresión con razonable perfil de ajuste a función y distribución exponencial, permitiendo fundamentar lo que se sostiene en el párrafo anterior y revela ausencia de estrategias a escala microeconómica de cada empresa y del conjunto sectorial, así como carencia de política de desarrollo a escala macro. Proponerse, alcanzar y sostener adecuados niveles de productividad es el requisito antecedente para construir competitividad, junto a precios de productos y tipo de cambio (O' KEAN, 1995). Los resultados descubiertos no permiten afirmar que el sector foresto - industrial de Misiones esté marchando con buen rumbo en este sentido, con otra clara manifestación de cierto desorden sectorial, el exceso en la cantidad de pequeños emprendedores madereros, concentrados en productos de línea aserradas de menor valor económico agregado, respecto a remanufacturas y tableros, a escalas operativas necesarias, a formas

organizativas eficientes y complementarias, a diseños cooperativos sectoriales, y a un razonable nivel de operadores que configuren la fuerza de oferta, para atender la demanda del mercado interno y de comercio exterior. Por lo tanto, de manera inicial y a escala piloto de investigación, queda claro que el modelo empresario individual presenta severas dificultades para mantenerse competitivamente en el mercado, y por ello, se manifiesta la necesidad de poner a prueba formas cooperativas tendientes a mejorar organización, procesos de administración y sistemas de información que, adecuada y completamente diagnosticados y priorizados, pueden otorgar al sector foresto - industrial de Misiones, la probabilidad de hacer un desarrollo inteligente de su potencial. Productividad cooperativa con equilibrio para competir, parece ser la necesaria visión sectorial e institucional a poner en consideración, a partir de un recomendable ajuste legal reductor para reconversión productiva en la cantidad de pequeños empresarios madereros, redistribuidor hacia las otras dos categorías y en la geografía económica territorial como se muestra en la serie de tablas de datos de la sección resultados. La consolidación de un sistema cooperativo foresto – industrial es posible, pero debe definirse sobre los comunes denominadores de todos sus integrantes. El accionar cooperativo a establecerse debe apoyarse en el mejor aprovechamiento de las potencialidades que ofrece el territorio, priorizando aquellas que crean mayores oportunidades para la generación de empleos y crecimiento de la economía, con la participación de todos los actores, a fin de establecer objetivos, metas y compromisos productivos, empresariales, profesionales concretos para el corto, mediano y largo plazo.

## **BIBLIOGRAFÍA**

- Plan de Competitividad (PC) del Conglomerado Productivo (COP) Foresto Industrial en la provincia de Formosa, 2011:2015, Ministerio de Economía y Finanzas, Gobierno de Formosa, 2011.
- O'KEAN J. M. 1995. Análisis del entorno económico de los negocios. ¿De qué depende la competitividad?, Págs. 263 y sig., Mc Graw Hill, Madrid.
- PRADO A.; Secretario Ejecutivo Adjunto de la CEPAL, Mensaje pronunciado con motivo de la celebración del Año Internacional de las Cooperativas, con auspicios de la FAO, Santiago de Chile, 12/07/12.
- Programa de Competitividad del Norte Grande, Plan de Competitividad Conglomerado Productivo de Muebles de Madera de Misiones, Secretaría de Política Económica, Ministerio de Economía y Finanzas Públicas de la Nación, Bs. As., 2005.

## REVISIÓN

# RETENCIÓN VARIABLE EN BOSQUES DE *NOTHOFAGUS PUMILIO* (POEPP. & ENDL.) KRASSER EN PATAGONIA SUR: ESTRUCTURA FORESTAL, ESTABILIDAD ESTRUCTURAL Y REGENERACIÓN

## VARIABLE RETENTION IN *NOTHOFAGUS PUMILIO* (POEPP. & ENDL.) KRASSER FORESTS OF SOUTH PATAGONIA: FOREST STRUCTURE, REMNANT TREE STABILITY AND REGENERATION

Juan Manuel Cellini<sup>1</sup>  
Guillermo Martínez Pastur<sup>2</sup>  
Rosina Soler<sup>2</sup>  
Marcelo Daniel Barrera<sup>1</sup>  
María Vanessa Lencinas<sup>2</sup>

Fecha recepción: 08/04/2013  
Fecha de aceptación: 16/12/2013

1. Universidad Nacional de La Plata, Laboratorio de Investigación de Sistemas Ecológicos y Ambientales (LISEA), Diagonal 113 N° 469 (B1904DPS) La Plata, República Argentina, tel/fax +54-221-4271442, jmc@agro.unlp.edu.ar

2. CONICET- Centro Austral de Investigaciones Científicas. Bernardo Houssay 200, Ushuaia (V9410BFD), Tierra del Fuego, Argentina.

### SUMMARY

*Nothofagus pumilio* forests are managed by shelterwood cuts and thinning, producing impacts on the original forest, transforming the primary forest on managed secondary forests with high timber productivity. The aim of this work is to analyze the management schemes, and propose an alternative that improves conservation taking into account current research on forest structure components, remnant tree stability and regeneration. The application of variable retention as alternative regeneration method minimizes the impacts of harvest on abiotic and biotic variables and in particular changes in forest structure, structural stability and regeneration. Natural regeneration is analyzed at all stages in the various sectors of the method and suggests guidelines for post-harvest monitoring, using results of long term research plots and publications.

**Key words:** forest management, silviculture, conservation, impact, lenga.

### RESUMEN

Los bosques de *Nothofagus pumilio* son manejados mediante cortas de protección y raleos, produciendo impactos sobre el bosque original, transformando el bosque primario en bosques secundarios manejados con una alta productividad maderera. El objetivo de este trabajo es analizar las propuestas de manejo, planteando una alternativa que mejora la conservación a partir de las investigaciones actuales sobre los componentes de estructura forestal, estabilidad estructural y regeneración. Se evalúa la aplicación de la retención variable como método de regeneración alternativo, para minimizar los impactos de la cosecha sobre variables abióticas y bióticas y en particular las modificaciones en la estructura forestal, estabilidad estructural y regeneración. Se analiza la regeneración natural en todas sus etapas en los distintos sectores del método y se sugieren pautas para los monitoreos post-cosecha, utilizando resultados de parcelas de investigación a largo plazo y publicaciones.

**Palabras clave:** manejo forestal, silvicultura, conservación, impacto, lenga.

### INTRODUCCION

#### Los bosques de *Nothofagus pumilio* de Patagonia Sur

*Nothofagus pumilio* (Poepp Endl ) Krasser (Lenga) es una especie con un rango de distribución en la Argentina desde el paralelo 36° 4 ' asta el 54° 53 (UMSEF, 2002) que en Tierra del Fuego se extiende desde el nivel del mar hasta los 600 - 700 m.s.n.m. (BARRERA *et al.*, 2000). En esta región es donde alcanza su mejor desarrollo, constituyendo la masa forestal de mayor importancia económica en superficie y volumen. Esta especie no es tolerante a la sombra al no poder reproducirse ni sobrevivir por largos períodos bajo una alta cobertura, pero tampoco heliófita debido a que su óptimo fotosintético se

encuentra en coberturas intermedias (MARTÍNEZ PASTUR *et al.*, 2007a).

### La propuesta silvícola tradicional

Los bosques de *Nothofagus* suelen ser aprovechados, regenerados y manejados según múltiples propuestas (SCHMIDT y URZÚA, 1982; MARTÍNEZ PASTUR *et al.*, 2000; CELLINI *et al.*, 2003; GEA *et al.*, 2004; BAVA y LÓPEZ BERNAL, 2005) basadas principalmente en criterios económico - forestales (costos, rendimiento y crecimiento) para buscar transformar el bosque primario en bosques secundarios manejados con una alta productividad maderera. Uno de los métodos de regeneración más difundidos es la corta de protección, propuesta para *N. pumilio* por SCHMIDT y URZÚA (1982). Este método prioriza los valores económicos de producción por sobre el impacto en la diversidad de flora y fauna (PULIDO *et al.*, 2000; DEFERRARI *et al.*, 2001; SPAGARINO *et al.*, 2001; MARTÍNEZ PASTUR *et al.*, 2002; 2009; DUCID *et al.*, 2005). Se trata de una intervención progresiva del bosque a lo largo de su ciclo, que se inicia con una corta de regeneración que abre el dosel. La corta deja 30 m<sup>2</sup>.ha<sup>-1</sup> de área basal (AB), con una distancia máxima entre árboles de 12 m uniformemente distribuidos, para la estimulación del crecimiento de la regeneración (MARTÍNEZ PASTUR *et al.*, 2007a). Luego la regeneración crece formando una población densa que cierra el dosel aplicándose en ese momento la corta de los individuos remanentes (corta final). Posteriormente se van aplicando los tratamientos intermedios (podas y raleos) hasta la aplicación de la corta de regeneración. Sin embargo, en Argentina no se realiza la corta final incorporando árboles remanentes.

### Nuevos interrogantes en el manejo forestal

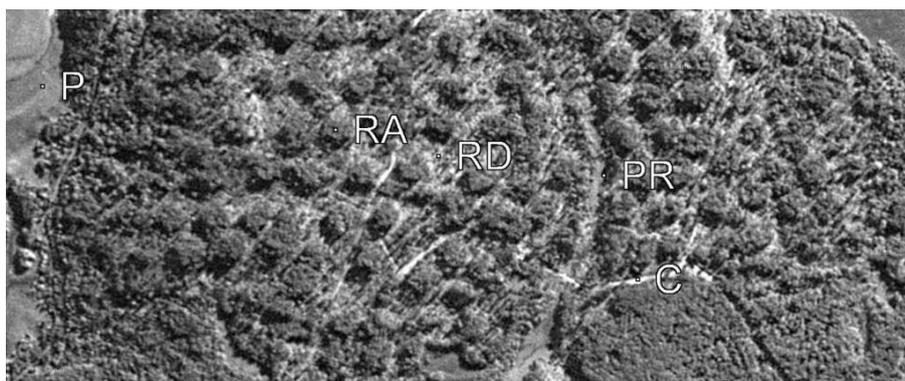
A partir de la década de los '80 hubo un cambio de paradigma en lo referente a la necesidad de incluir a la conservación de la biodiversidad y los ciclos naturales del bosque dentro del manejo forestal, a fin de establecer nuevos métodos de regeneración (MARTÍNEZ PASTUR *et al.*, 2010, LINDEMAYER *et al.*, 2012). Estas nuevas alternativas de manejo implican buscar un método que posea un equilibrio entre los productos, el rendimiento industrial, los costos, la aceptación social, el valor de conservación de la biodiversidad y que genere una adecuada regeneración (MARTÍNEZ PASTUR y LENCINAS, 2005), logrando así la sostenibilidad del sistema bajo manejo (GUSTAFSSON *et al.*, 2012). La conservación de la biodiversidad a nivel de rodal implica retener sectores del bosque original, manteniendo elementos estructurales de los bosques manejados que satisfacen requerimientos de hábitat para ciertos organismos. Estos sectores de retención pueden ser de diferentes

grados y diseños, por ejemplo la retención dispersa (RD) en forma de árboles dispuestos en forma homogénea, o la retención agregada (RA) que consiste en dejar una porción remanente de la cubierta forestal luego del aprovechamiento, formando manchones o islas de distintas formas y tamaños (del 1% a más del 40% de la superficie bajo manejo) para mantener la biodiversidad del bosque, evitando la pérdida de especies y asegurando una eficiente recuperación del ecosistema después de la cosecha (FRANKLIN *et al.*, 1997, GUSTAFSSON *et al.*, 2012). El método de retención variable (RV) prioriza la conservación de la biodiversidad manteniendo sectores de retención en forma dispersa y agregada (MARTÍNEZ PASTUR *et al.*, 2005), pero también el rendimiento y los costos de cosecha.

### La retención variable como alternativa al método tradicional

La propuesta para Tierra del Fuego (MARTÍNEZ PASTUR y LENCINAS, 2005; MARTÍNEZ PASTUR *et al.*, 2009) incluye dejar sectores circulares sin intervención de 60 m de diámetro (uno por hectárea), resguardando las características bióticas y abióticas del bosque original (RA). Este método incluye una RD de 10-15 m<sup>2</sup>.ha<sup>-1</sup> compuesta por árboles dispersos entre la RA (Figura 1). Los árboles remanentes deben ser dominantes de amplia copa para protección y producción de semillas, árboles perchas, muy viejos, secos, o con huecos para la nidificación de varias especies de aves. En la zona de producción del sistema planteado se utiliza una producción basada en raleos, podas y una corta final (Figura 2). El método denominado retención variable (RV) es una combinación entre RD y RA (MARTÍNEZ PASTUR *et al.*, 2007b; LENCINAS *et al.*, 2007, 2008). Este método incluye la mantención de bosques de protección a orillas de ríos y humedales, los bosques de borde de pastizal o turbal, en pendiente o de baja calidad de sitio, y la retención de madera muerta, tocones, raíces y restos no maderables provenientes de las copas (GUSTAFSSON *et al.*, 2012).

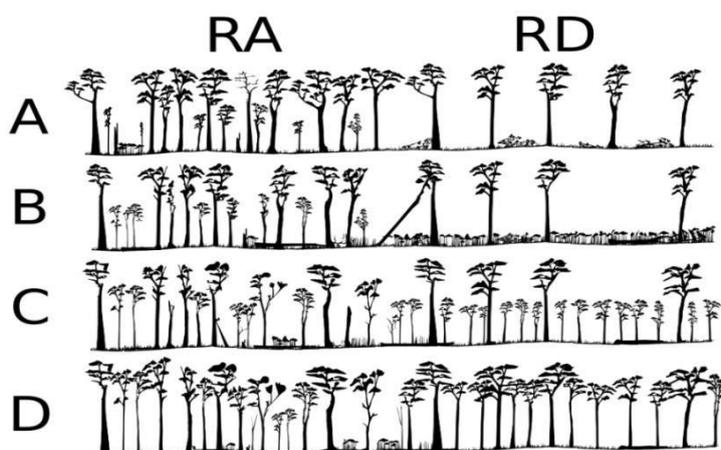
La RV presenta rendimientos comparables con la corta de protección (MARTÍNEZ PASTUR *et al.*, 2009; LINDEMAYER *et al.*, 2012) y debido a la planificación de caminos y la mayor concentración de corte, un menor costo de volteo y rastreo (MARTÍNEZ PASTUR *et al.*, 2007b), además de conservar en forma eficiente la biodiversidad (LENCINAS *et al.*, 2007, 2008, 2009, 2010, 2011; SIMANONOK *et al.*, 2011, DUCID *et al.*, 2005), así como también mejoras en los ciclos de producción de flores, semillas, regeneración (GONZÁLEZ *et al.*, 2006; MARTÍNEZ PASTUR *et al.*, 2008, 2011a, 2011b), microclima y ciclos de nutrientes (MARTÍNEZ PASTUR *et al.*, 2005, 2007a).



**Figura 1: Retención variable aplicada en Tierra del Fuego (Argentina)**

**Figure 1: Variable retention applied in Tierra del Fuego (Argentina)**

RD: áreas de cosecha con retención dispersa, RA: agregados de retención, PR: Protección riparia, P: pastizales, C: Camino forestal.



**Figura 2. Propuesta de manejo silvicultural mediante retención variable para bosques de *N. pumilio***

**Figure 2. Variable retention silvicultural management for *Nothofagus pumilio* forests**

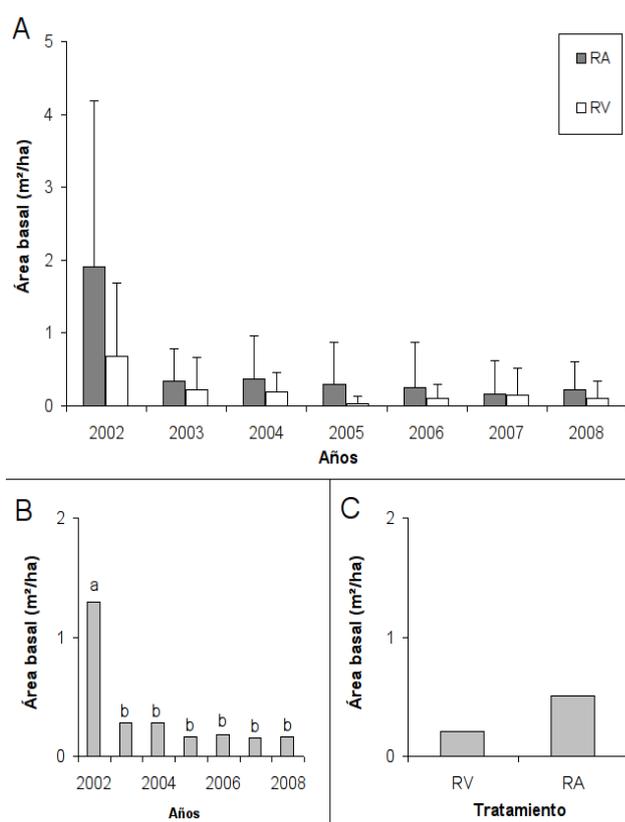
RA: Retención agregada; RD: Retención dispersa; (A) Aplicación de la corta dejando intacta la RA y 10-15 m<sup>2</sup>.ha<sup>-1</sup> de AB en RD, (B) Continuación de la dinámica natural en RA y Bosque regenerado en RD, (C) Continuación de la dinámica natural en RA y Bosque secundario con raleo y poda en RD (D) Continuación de la dinámica natural en RA y Bosque manejado con cobertura de árboles secundarios en RD.

#### **Estabilidad estructural de la retención variable.**

Las modificaciones de la estructura del bosque producto de la aplicación del método de regeneración, determina la estabilidad del dosel de protección donde el viento es un factor muy importante en esta dinámica (CENDOYA HERNÁNDEZ y MUÑOZ SAEZ, 2002). Durante la etapa de regeneración de un bosque manejado es necesario mantener por un determinado tiempo un dosel productor de semillas, siendo la estabilidad de los árboles un factor importante para obtener una regeneración adecuada. En bosques de *N. pumilio* aprovechados, los valores más altos de área basal

volteada se han observado en el primer año después de la corta (2002) tanto para los métodos de RD, RA y RV (CELLINI, 2010), disminuyendo en los años posteriores (Figura 3), ya que durante el primer año los árboles menos resistentes al viento ya habían sido volteados (WARDLE, 1984). El número de árboles caídos es menor para agregados en una RV que en agregados donde se realiza una tala rasa en su entorno, donde la mayoría de los volteos se producen en concordancia con los vientos dominantes de la región, y en mayor frecuencia en la periferia de los mismos debido a la disminución del viento dentro del agregado (CELLINI, 2010; CELLINI *et al.*, 2010). En

los sectores aprovechados, el número de árboles caídos aumenta a medida que mejora la calidad de sitio (CELLINI, 2010) ya que los árboles más altos presentan una mayor resistencia al viento (MARTIN y OGDEN, 2005), mientras que aquellos con una alta relación altura total/DAP resultan más afectados. Asimismo, la caída de árboles se encuentra relacionada con los daños provocados por la maquinaria forestal en raíces y troncos durante las tareas de extracción, por lo que es necesario tomar precauciones a fin de evitar mayores daños en el dosel remanente (CELLINI et al, 2010).



**Figura 3. Seguimiento del área basal volteada por el viento para los métodos de regeneración de RA y RV**

**Figure 3. Basal area of windthrown trees in aggregate and variable retention along 7 years before harvest**

A) Área basal ( $m^2 \cdot ha^{-1}$ )  $\pm$  desvío estándar volteada por el viento para los métodos de regeneración de RA y RV en 7 años de estudio para la Ea. San Justo (CELLINI, 2010), B) promedios anuales. C) promedios por tratamiento. RA: Método de regeneración de retención agregada, RV: Método de regeneración de retención variable, letras diferentes indican diferencias significativas a  $p < 0,05$  según prueba de Tukey.

#### Cobertura Forestal de la retención variable

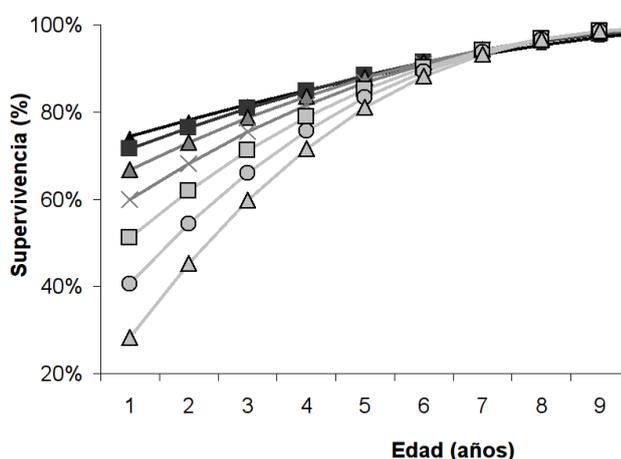
Los bosques sin intervención presentan valores de cobertura del orden de  $84,4 \pm 0,6 \%$ , valor que por la aplicación del método de RV se reduce en promedio a  $54,7 \pm 3,2$  (CELLINI, 2010). Esta

disminución es de 78,5 % de cobertura en el centro de los agregados, decreciendo a medida que se acerca a los bordes del agregado o se aleja de su influencia, llegando a 51,0 % en la zona cercana al borde de los agregados y 43,1 % en la zona sin influencia de los agregados. Altos valores de cobertura retienen un alto porcentaje de la lluvia (13-25 % de intercepción y 15-50 % de evapotranspiración), reduciendo la humedad y la disponibilidad de luz a nivel del suelo (FRANGI y RICHTER, 1994; CALDENTEY et al, 2005a; MARTÍNEZ PASTUR et al, 2007a). En el sotobosque de un bosque aprovechado se incrementa la radiación fotosintéticamente activa en 2,4 a 2,9 veces más que en bosque sin intervención (CALDENTEY et al, 2005a, 2009), mientras que la temperatura y la velocidad del viento aumentan en los bosques aprovechados (CALDENTEY et al, 2005b; CELLINI, 2010), causando un aumento en la evapotranspiración influyendo en la dinámica de la regeneración y el crecimiento de *N. pumilio* (LENCINAS et al, 2007; MARTÍNEZ PASTUR et al, 2007a). *Nothofagus pumilio* es una especie semiheliófila que se establece en gran número en condiciones de elevada cobertura, pero que requiere un aumento progresivo en la disponibilidad de luz para poder desarrollarse (MARTINEZ PASTUR et al, 2007a), siendo necesario en la planificación del manejo forestal mantener una cobertura de árboles remanentes.

#### Regeneración en la Retención variable

Luego de la aplicación de un método de regeneración, debería existir una cantidad de individuos remanentes para generar cobertura al suelo y producción de semillas para formar una población densa que origine el bosque futuro (CELLINI et al, 2005). Los patrones de producción de semillas difieren año a año y en el gradiente de coberturas dado por el bosque sin intervención, sectores no cosechados (RA) y cosechados (RD). Los bosques primarios generan un banco de plántulas que se recambia en cortos períodos de tiempo. CELLINI, (2010) presenta valores modelizados para dentro del agregado, con una cobertura de 76,2 % en donde la producción promedio fue de 3,96 millones de semillas. $ha^{-1}$ , mientras que fuera del agregado la producción de semillas decrece junto con la cobertura forestal (51,0 y 43,1% de cobertura cerca y lejos del agregado). Esta disminución resultó en una producción de 2,12 y 1,63 millones de semillas. $ha^{-1}$ . La capacidad de dispersión de las semillas se encuentra en función del peso de las mismas, la altura de los árboles y la velocidad del viento. Esta dispersión es suficiente para cubrir el área cosechada entre los agregados (40 m de distancia entre los bordes de las RA), existiendo una disposición de los agregados para optimizar el aporte de semillas para que se concentre en los sectores aprovechados (CELLINI, 2010).

Para *N. pumilio* se desarrolló un modelo (CELLINI, 2010) que predice la supervivencia de renovales para una edad entre 1 y 12 años para una cobertura determinada (en un rango de coberturas de 29 al 91%) ingresando el dato promedio de reclutamiento en coberturas mayores al 70% (bosque sin intervención). El modelo presenta un aumento de la supervivencia de los renovales con el aumento de la edad hasta llegar a valores superiores al 95% de supervivencia para plántulas de 8 años de edad. La supervivencia de la regeneración en los distintos sectores del método de RV presenta diferencias ya que dentro de los agregados la mortalidad es mayor que en sectores con menor cobertura (Figura 4). Partiendo de un valor de 233671 plántulas.ha<sup>-1</sup> incorporadas un año después de la cosecha, la densidad disminuirá hasta 21110 plántulas a los 11 años. Para la zona de menor cobertura, la disminución será menos marcada, desde 19440 a 14770 plántulas.ha<sup>-1</sup> a los 11 años (CELLINI, 2010).



**Figura 4. Modelo de supervivencia de renovales en relación a la cobertura y a la edad**

**Figure 4. Model of survival of seedlings in relation to the forest cover and age**

Donde: cob: cobertura forestal en %.

El crecimiento en altura de los renovales responde a las diferencias de cobertura (MARTINEZ PASTUR *et al*, 2011b), ocurriendo el óptimo entre coberturas del 35 al 45% donde se alcanzan 20 cm de altura en plántulas de 8 años, mientras que el mínimo se observa en altas y bajas coberturas. En los sectores cosechados se observan dos clases de edades: plántulas sobrevivientes de la cosecha presentes en el bosque original (una disminución del 41,2 % de la regeneración, de 2,44 a 1,43 millones.ha<sup>-1</sup> según SKRT *et al*, 1997), y plántulas que se establecen con posterioridad a la cosecha (166±64 miles ha<sup>-1</sup> cerca del agregado y lejos de la influencia de los agregados 87 ± 29 miles ha<sup>-1</sup>). Por otro lado, el daño sobre la regeneración pre instalada provocado por las tareas durante la cosecha, es un factor que influye en la

mortalidad y crecimiento de la regeneración debido a la remoción y compactación de suelo.

Dadas las características *N. pumilio* con relación a su capacidad de colonizar áreas disturbadas, esta especie presenta una tendencia a regenerar en áreas abiertas generadas con posterioridad a los aprovechamientos forestales. ROSENFELD *et al*, (2006) reporta 470000 plántulas.ha<sup>-1</sup> 5 años posterior al aprovechamiento en Chile, mientras que en Argentina variaron desde 50000 plántulas.ha<sup>-1</sup> (BAVA y PUIG, 1992) a 100000 plántulas (MUTARELLI y ORFILA, 1971; BAVA y HLOPEC, 1995; LÓPEZ BERNAL *et al*, 2003) 3 años después de realizadas las tareas de aprovechamiento. COLLADO *et al*, (2008) encontraron en la Ea. San Justo que la mayor parte del área cosechada (fuera de las picadas de extracción), valores de regeneración que superan los 113-332 mil.ha<sup>-1</sup>. Una baja densidad de regeneración forma individuos aislados que crecen sin competencia, dando como resultado ejemplares con 5 a 20 troncos, presentando una copa amplia debido al gran espaciamiento. En caso de incorporar este tipo de bosque a bosques de producción, es factible aplicar en ellos tratamientos intermedios de poda y raleo para generar una masa forestal de 300-500 ind.ha<sup>-1</sup>. La calidad forestal de los troncos centrales en cada individuo suele ser buena, siendo uno de ellos seleccionable para producir un árbol maderable. Una densidad de 10000 ind.ha<sup>-1</sup> de 2 años de edad o 3370 plántulas por hectárea de 11 años en forma homogénea, garantizaría un bosque futuro de buena forma forestal para producir madera de calidad.

#### Consideraciones finales

El método RV no se encuentra correctamente implementado en la actualidad, ya que se registran más daños sobre los árboles remanentes que lo deseado, resultando en una baja estabilidad de estos individuos y produciendo la caída en el componente RD. Es importante realizar una correcta selección de los individuos remanentes para asegurar la estabilidad del dosel luego del aprovechamiento, disminuyendo el daño a los árboles remanentes para asegurar mayor fuente de semillas y sostenibilidad del sistema completo. El impacto sobre los bosques manejados siempre es significativo, por lo cual el desafío sigue siendo encontrar un equilibrio entre las variables económicas, ecológicas y sociales, con el objetivo de diseñar alternativas para un uso responsable y sostenible. En este trabajo se presentó a la retención variable como una herramienta de conservación de la biodiversidad en equilibrio con la producción económica, para atenuar los impactos producidos por el uso que hace el hombre.

#### BIBLIOGRAFÍA

BAVA J., y R. Hlopec. 1995. El Manejo Sustentable de la Lengua en Tierra del Fuego, Jornadas

- Forestales Patagónicas. San Martín de los Andes, Argentina. 1: 81-96.
- BAVA J., P.M. López Bernal. 2005. Cortas de selección en grupo en bosques de lenga. IDIA-XXI 5(8): 39-42.
- BAVA J., C. Puig. 1992. Regeneración natural de lenga. Análisis de algunos factores involucrados. Centro de Investigación y Extensión Forestal Andino Patagónico. Publicación Técnica 8: 85-110.
- BARRERA M., J. Frangi, L. Richter, M. Perdomo, L. Pinedo. 2000. Structural and functional changes in *Nothofagus pumilio* forest along an altitudinal gradient in Tierra del Fuego, Argentina. *Journal of Vegetation Science* 11:179-188.
- CALDENTEY J., M. Ibarra, A. Promis, P. Hernández. 2005a. Effects of shelterwood system on photosynthetically active radiation (PAR) and plan regeneration in *Nothofagus pumilio* stands in Chile. *International Forestry Review* 7(5): 46.
- CALDENTEY J., M. Ibarra, A. Promis. 2005b. Microclimatic variations in a *Nothofagus pumilio* forest caused by shelterwood systems: Results of seven years of observations. *International Forestry Review* 7(5): 46.
- CALDENTEY J., H. Mayer, M. Ibarra, A. Promis. 2009. The effects of a regeneration felling on photosynthetic photon flux density and regeneration growth in a *Nothofagus pumilio* forest. *European Journal of Forest Research* 128: 75-84.
- CENDOYA HERNANDEZ P., F. Muñoz Saez. 2002. Modelamiento del efecto del viento sobre árboles jóvenes de *Pinus radiata* D. Don. *Bosque* 23 (2): 51-56.
- CELLINI J M , G Mart nez Pastur, R Vukasovič, M.V. Lencinas, B. Díaz, E. Wabö. 2003. Hacia un manejo forestal sustentable en los bosques de Patagonia. Área B: Bosques para el Planeta. Actas XII Congreso Forestal Mundial. Trabajo 0013. Québec, Canadá. 21-28 Septiembre. pp 413.
- CELLINI J M , G Mart nez Pastur, R Vukasovič, M.V. Lencinas, B. Díaz, E. Wabö. 2005. Pautas de sustentabilidad en el manejo forestal de los bosques de *Nothofagus pumilio* (Poepp. et Endl.) Krasser. *Yvyretá* 13: 77-82.
- CELLINI J.M. 2010. Estructura y regeneración bajo distintas propuestas de manejo de bosques de *Nothofagus pumilio* (Poepp et Endl) Krasser en Tierra del Fuego, Argentina. Tesis doctoral. Fac. Ciencias Naturales y Museo. Universidad Nacional de La Plata. La Plata, Buenos Aires, Argentina.
- CELLINI J.M., M.D. Barrera, H. Ivancich, G. Martínez Pastur, R. Vukasovic. 2010. A4M-20. Estabilidad de la estructura forestal remanente en bosques de *Nothofagus pumilio* aprovechados con los métodos de regeneración de retención variable y retención dispersa en Tierra del Fuego. Actas I Jornadas Forestales de Patagonia ur: "El bosque como bien social, fuente de trabajo y bienestar" Ushuaia, 10-12 Noviembre de 2010. p 99.
- COLLADO L., S. Farina, F. Jaras, H. Vargas. 2008. Monitoreo del estado de intervención y de la regeneración de *Nothofagus pumilio* en un plan de manejo forestal en el ecotono estepa-bosque de Tierra del Fuego, Argentina. *Bosque* 29(1): 85-90.
- DEFERRARI G., C. Camilion, G. Martínez Pastur,, P. Peri. 2001. Changes in *Nothofagus pumilio* forest biodiversity during the forest management cycle: *Birds. Biodiv. Conserv.* 10(12): 2093-2108.
- DUCID G., M. Murace, J.M. Cellini. 2005. Diversidad fúngica en el filopiano de *Osmorhiza* spp. relacionado con el sistema de regeneración empleado en bosques de *Nothofagus pumilio* en Tierra del Fuego, Argentina. *Bosque* 26(1): 33-42.
- FRANGI J., L. Richter. 1994. Balances hídricos de bosques de *Nothofagus* de Tierra del Fuego, Argentina. *Revista de la Facultad de Agronomía de La Plata* 70: 95-79.
- FRANKLIN J.F., D.R. Berg, D.A. Thornburgh, J.C. Tappeiner. 1997. Alternative silvicultural approaches to timber harvesting: variable retention harvest systems. En: *Creating a Forestry for the 21st Century* (KOHM K.A., J.F. Franklin. Eds.). Island Press, Washington, US. Pp. 111-139.
- GEA G., G. Martínez Pastur, J.M. Cellini, M.V. Lencinas. 2004. Forty years of silvicultural management in southern *Nothofagus pumilio* (Poepp. et Endl.) Krasser primary forests. *For. Ecol. Manage.* 201(2-3): 335-347.
- GONZÁLEZ M., C. Donoso, P. Ovalle, G. Martínez Pastur. 2006. *Nothofagus pumilio* (Poepp. et Endl) Krasser - lenga, roble blanco, leñar, roble de Tierra del Fuego - Familia: Fagaceae. En: *Las especies arbóreas de los bosques templados de Chile y Argentina: Autoecología* (DONOSO C., Ed.). Marisa Cúneo Ediciones, Valdivia, Chile. pp. 486-500.
- GUSTAFSSON L., S. Baker, J. Bauhus, W. Beese, A. Brodie, J. Kouki, D. Lindenmayer, A. Löhmus, G. Martínez Pastur, Ch. Messier, M. Neyland, B. Palik, A. Sverdrup-Thygeson, J. Volney, A. Wayne, J.F. Franklin. 2012. Retention forestry to maintain multifunctional forests: a World perspective. *Bioscience* 62(7): 633-645.
- LENCINAS M.V., G. Martínez Pastur, E. Gallo, A. Moretto, C. Busso, P. Peri. 2007. Mitigation of biodiversity loss in *Nothofagus pumilio* managed forests of South Patagonia. En: *Understanding biodiversity loss: An overview of forest fragmentation in South America* (PACHA M.J., S. Luque, L. Galetto, L. Iverson Eds.). IALE Landscape Research and Management papers, Grenoble, Francia. Pp 112-120.
- LENCINAS M.V., G. Martínez Pastur, R. Solán, E. Gallo, J.M. Cellini . 2008. Forest management with variable retention impact over moss communities of *Nothofagus pumilio* understory. *Forstarchiv* 79: 77-82.

- LENCINAS M.V., G. Martínez Pastur, E. Gallo, J.M. Cellini. 2009. Alternative silvicultural practices with variable retention improve bird conservation in managed South Patagonian forests. *For. Ecol. Manage.* 258: 472-480.
- LENCINAS M.V., G. Martínez Pastur, J.M. Cellini, E. Gallo, C. Busso. 2010. Diversidad de lepidópteros en bosques aprovechados: Variación en el corto plazo por aplicación de retención variable. *Revista Investigaciones Científicas de la UNERMB* 1(1): 87-101.
- LENCINAS M.V., G. Martínez Pastur, E. Gallo, J.M. Cellini. 2011. Alternative silvicultural practices with variable retention to improve understory plant diversity conservation in southern Patagonian forests. *For. Ecol. Manage.* 262: 1236-1250.
- LINDENMAYER D., J.F. Franklin, A. Löhmus, S. Baker, J. Bauhus, W. Beese, A. Brodie, B. Kiehl, J. Kouki, G. Martínez Pastur, Ch. Messier, M. Neyland, B. Palik, A. Sverdrup-Thygeson, J. Volney, A. Wayne, L. Gustafsson. 2012. A major shift to the retention approach for forestry can help resolve some global forest sustainability issues. *Conservation Letters*. doi: 10.1111/j.1755-263X.2012.00257.x.
- LÓPEZ BERNAL P.M., J. Bava, S.H. Antequera. 2003. Regeneración en un bosque de lenga (*Nothofagus pumilio* (Poepp. et Endl.) Krasser) sometido a un manejo de selección en grupos. *Bosque* 24(2): 13-21.
- MARTIN T.J., J. Ogden. 2005. A blast from the past: A dendroecological reconstruction of forest windthrow, North Island, New Zealand. En: CALVER M., H. Bigler-Cole, G. Bolton, J. Dargavel, A. Gaynor. (Eds.) *A forest conscienceness: 6th National Conference of the Australian Forest History Society Inc.* pp. 543-553. Millpress Science Publishers, Rotterdam, Netherlands.
- MARTÍNEZ PASTUR G., J.M. Cellini, P. Peri, R. Vukasovic, C. Fernández. 2000. Timber production of *Nothofagus pumilio* forests by a shelterwood system in Tierra del Fuego (Argentina). *For. Ecol. Manage.* 134: 153-162.
- MARTÍNEZ PASTUR G., P. Peri, C. Fernández, G. Staffieri, M.V. Lencinas. 2002. Changes in understory species diversity during the *Nothofagus pumilio* forest management cycle. *For. Res.* 7(3): 165-174.
- MARTÍNEZ PASTUR G., M.L. Lencinas. 2005. El manejo forestal en los bosques de *Nothofagus pumilio* en Tierra del Fuego. *IDIA-XXI* 5(8): 107-110.
- MARTÍNEZ PASTUR G., P. Peri, R. Vukasovic, J.M. Cellini, M.V. Lencinas, E. Gallo. 2005. Sistemas de regeneración con retención agregada en bosques de *Nothofagus pumilio*: Una alternativa que combina parámetros económicos y ecológicos. En: *Dinámicas mundiales, integración regional y patrimonio en espacios periféricos* (ZÁRATE R., L. Artesi, Eds.) Universidad Nacional de la Patagonia Austral, Río Gallegos, Argentina. Pp 260-271.
- MARTÍNEZ PASTUR G., M.V. Lencinas, P. Peri, M. Arena. 2007a. Photosynthetic plasticity of *Nothofagus pumilio* seedlings to light intensity and soil moisture. *Forest Ecology and Management.* 243(2): 274-282.
- MARTÍNEZ PASTUR G.; M.V. Lencinas, P. Peri, A. Moretto, J.M. Cellini., I. Mormeneo, R. Vukasovic. 2007b. Harvesting adaptation to biodiversity conservation in sawmill industry: Technology innovation and monitoring program. *Tech. Manage. Innov.* 2(3): 58-70.
- MARTÍNEZ PASTUR G., M.V. Lencinas, P. Peri, J.M. Cellini. 2008. Flowering and seeding patterns in unmanaged and managed *Nothofagus pumilio* forests with a silvicultural variable retention system. *Forstarchiv* 79: 60-65.
- MARTÍNEZ PASTUR G., M.V. Lencinas, J.M. Cellini, P. Peri, R. Soler. 2009. Timber management with variable retention in *Nothofagus pumilio* forests of Southern Patagonia. *For. Ecol. Manage.* 258: 436-443.
- MARTÍNEZ PASTUR G., M.V. Lencinas, P. Peri, J.M. Cellini, A. Moretto. 2010. Long-term forest management research in South Patagonia - Argentina: Lessons from the past, challenges from the present. *Rev. Chil. Hist. Nat.* 83: 159-169.
- MARTÍNEZ PASTUR G., J.M. Cellini, M.V. Lencinas, M. Barrera, P. Peri. 2011a. Environmental variables influencing regeneration of *Nothofagus pumilio* in a system with combined aggregated and dispersed retention. *For. Ecol. Manage.* 261: 178-186.
- MARTÍNEZ PASTUR G., P. Peri, J.M. Cellini, M.V. Lencinas, M. Barrera, H. Ivancich. 2011b. Canopy structure analysis for estimating forest regeneration dynamics and growth in *Nothofagus pumilio* forests. *Ann. For. Sci.* 68: 587-594.
- MUTARELLI E.J., E.N. Orfila. 1971. Observaciones sobre la regeneración de lenga, *Nothofagus pumilio* (Poepp. et Endl.), Oerst. en parcelas experimentales del lago Mascaradi, Argentina. *Revista Forestal Argentina* 15(4): 109-115.
- PULIDO F., B. Díaz, G. Martínez Pastur. 2000. Incidencia del ramoneo del guanaco (*Lama guanicoe*) sobre la regeneración de lenga (*Nothofagus pumilio*) en bosques de Tierra del Fuego, Argentina. *Inv. Agr.: Sist. Rec. Ftales.* 9(2): 381-394.
- ROSENFELD J.M., R.M. Navarro Cerrillo, J.R. Guzman Alvarez. 2006. Regeneration of *Nothofagus pumilio* [Poepp. et Endl.] Krasser forests after five years of seed tree cutting. *Journal of Environmental Management* 78: 44-51.
- SCHMIDT H., A. Urzúa. 1982. Transformación y manejo de los bosques de Lenga en Magallanes.

- Universidad de Chile. Ciencias Agrícolas 11. 62 pp.
- SIMANONOK M., Ch. Anderson, G. Martínez Pastur, M.V. Lencinas, J. Kennedy. 2011. A comparison of impacts from silviculture practices and North American beaver invasion on stream benthic macroinvertebrate community structure and function in *Nothofagus* forests of Tierra del Fuego. *For. Ecol. Manage.* 262(2): 263-269.
- SKRT M.V., G. Staffieri, P. Ferrere, G. Martínez Pastur, P. Peri. 1997. Incidencia de la cobertura, el aprovechamiento y el ramoneo de *Lama guanicoe* sobre la regeneración de un bosque de *Nothofagus pumilio*. *Actas II Congreso Forestal Argentino y Latinoamericano. Tomo Bosques Nativos y Protección Ambiental. Posadas, 13-15 Agosto.* pp 149-162.
- SPAGARINO C., G. Martínez Pastur, P. Peri. 2001. Changes in *Nothofagus pumilio* forest biodiversity during the forest management cycle: Insects. *Biodiv. Conserv.* 10(12): 2077-2092.
- UNIDAD DEL SISTEMA DE EVALUACIÓN FORESTAL (UMSEF). 2002. Cartografía y Superficie de Bosque Nativo de Argentina [en línea]. Dirección de Bosques, Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable, Ministerio de Desarrollo Social. Buenos Aires, <http://www2.medioambiente.gov.ar/bosques/umsef/cartografia/default.htm> [Consulta: Argentina. Octubre 2005].
- WARDLE J.A. 1984. The New Zealand beeches: ecology, utilization and management. New Zealand Forest Service, Christchurch, N.Z. 447 pp.

# FICHA TÉCNICA

## ÁRBOLES DE MISIONES

*Schefflera morototoni* (Aubl.) Maguire, Steyerm. & Frodin

Alicia Violeta Bohren<sup>1</sup>  
Luis Alberto Grance<sup>1</sup>  
María Angélica Aguilera<sup>2</sup>  
Héctor Martín Gartland<sup>1</sup>  
Guillermo Küppers<sup>2</sup>  
Oscar Weber<sup>2</sup>

1. Docentes de Dendrología de la Facultad de Ciencias Forestales. UNaM. Calle Bertoni N° 124. (CP3382) Eldorado Misiones. Email: alicia@facfor.unam.edu.ar

2. Becarios de la Facultad de Ciencias Forestales. UNaM. Calle Bertoni N° 124. (CP 3382) Eldorado Misiones.

Nombres comunes: “Cac eta”, “Ambay guazú” (Argentina); “amba'y guasu” (Paraguay); “cac eta” (Brasil); “morototo” (Bolivia).

Sinónimos: *Didymopanax morototoni* (Aubl.)  
**Decne. & Planch;** *Panax morototoni* Aubl.

Familia: *Araliaceae*.

### GENERALIDADES

Especie neotropical de amplia distribución, se localiza en toda América tropical desde el sur de México hasta la Argentina, excepto Chile. En Argentina se localiza en la región noreste, en la Provincia Fitogeográfica Paranaense (Misiones y norte de Corrientes), extendiéndose al Distrito Oriental de la Provincia Fitogeográfica Chaqueña (Formosa y Chaco); (Tropicos.org, 2013; ZULOAGA *et al.*, 2011; FIASCHI & PIRANI, 2008).

Arbol de primera magnitud, perennifolio, heliófito, higrófito selectivo, integra el estrato arbóreo superior de la Selva. En el Departamento de San Pedro localizado en el Distrito de las Selvas Mixtas, se ha registrado una frecuencia de 3,2 árboles por hectárea, (GARTLAND y PARUSSINI, 1991).

### DESCRIPCIÓN DE LOS ESTADÍOS DE VIDA

#### Plántula

**Germinación** epigea; la emergencia se produce en forma con el ipocótilo en forma de “u” invertida que continua su desarrollo hasta alcanzar la posición vertical con los cotiledones extendidos en posición horizontal, (GARTLAND *et al.*; 1990).

El **sistema radicular** consta de un eje principal y de ramificaciones secundarias hacia la formación de las primeras hojas.

**Hipocótilo** recto de 36,3 (32-39) mm de altura, de sección cuadrangular y pequeñas estrías longitudinales; glabro y verde amarillento.

**Cotiledones** oblongos a elípticos, medianos, de 16,2 (13-21) mm de long. y 11,5 (8-17) mm de lat.; opuestos; subsésiles; pecíolo de 3 mm de long.,

planos y glabrescentes. Lámina concolor, verde claro; carnosa; lisa y glabrescente; ápice obtuso a redondeado, base aguda a obtusa, borde entero y glabro; venación palmatinervada. (Fig. 1).

**Primer par de hojas** simples, alternas, pecioladas: pecíolo ligeramente canaliculado, aplanado, glabro y de 7 mm de long. Lámina elíptica de 33,7 (30.36) mm de long. y 19,3 (10.26) mm de lat.; discolor, verde claro y verde blanquecino en la superficie adaxial y abaxial respectivamente; membranosa; rugosa con pelos espinescente laxamente dispuestos en ambas caras; ápice agudo, ligeramente atenuado; base redondeada, borde aserrado con cada diente terminado en un apéndice piloso, retinervada.

**Segundo par de hojas** con las características morfológicas similares a las del primer par de hojas, pero de mayor tamaño.



**Figura 1:** Plántula de “cac eta”, con cotiledones epigeos, primer y segundo par de hojas

## Renuevo

### Ramificación simpódica tardía.

El **tallo** es cilíndrico durante todo el estadio de renuevo; de coloración verde-grisáceo a pardo claro en la zona suberificada y de coloración más verdoso hacia la zona apical. Presenta numerosas lenticelas elípticas, lineares y circulares de coloración más clara que el tallo, de distribución difusa y abertura vertical, ocasionalmente dispuestas en hileras longitudinales.

**Corteza** áspera y rugosa por coexistencia de lenticelas y cicatrices foliares dilatadas. Hacia el límite superior del estadio, en la zona suberificada se observa el desarrollo de fisuras longitudinales poco profundas, escamas pequeñas y delgadas. La porción apical del tallo y los brotes nuevos presentan un abundante tomento blanquecino.

**Rámulos** con entrenudos bien demarcados, rectos, cilíndricos y pubescentes. Cicatrices foliares semicirculares a semilunares, que abarca los dos tercios de la circunferencia del rámulo; de coloración castaño clara; superficie plana a ligeramente cóncava, mensulada; rastros libero-leñosos abundantes, puntiformes y protuberantes, uniformemente distribuidos en toda la superficie de la cicatriz. Yema apical terminal cubierta de tomento blanquecino; yemas axilares solitarias dispuestas sobre una pequeña superficie romboidal con pelos escamosos blanquecinos. Médula circular, blanquecina, esponjosa y continua.

**Hojas** compuesto-palmadas; de filotaxis alterna, de 90 cm (69-114) de longitud total; pecioladas, pecíolo de 55cm (37-76) de largo; la base engrosada en un pulvínulo lenticelado, envolvente, provisto de lenticelas similares a las del tallo pero más pequeñas; estipuladas, estípulas concrecentes intrapeciolares (**Fig. 2**). Folíolos en número de 5 a 11 por hoja; pecioulados; peciólulos de 8 cm (4-14) de longitud y 0,3 cm (0,2-0,4 cm) de diámetro; ligeramente canaliculados; en el punto de unión de los peciólulos con el extremo del pecíolo se observa la presencia de pequeños apéndices. Lámina foliolar de 25 cm (15-35) de long., y 11 cm (6-16) de lat., obovados, ligeramente abarquillados; borde entero en la mitad inferior y aserrado en la mitad superior; ápice acuminado a largamente acuminado; base redondeada a ligeramente cordada, en ocasiones truncada. Los folíolos presentan una nervadura principal muy prominente, engrosada hacia la base de la lámina; superficie ligeramente rugosa y con pilosidad variada: en la cara adaxial con pelos solitarios, erectos y prontamente caducos y la abaxial con tomento o escasa pubescencia; discoloros, haz verde claro y envés verde blanquecino.



**Figura 2:** “Cac eta” **A:** Hoja palmaticompuesta. **B:** Rámulo con estípulas intrapeciolares. **C:** Hojas con estípelas.

## Árbol

Árbol de **porte** grande, alcanza una altura total de hasta 30 m, con longitudes de fuste medio de 8,5 m pudiendo alcanzar máximas de 14 m; el diámetro medio es de 35 cm con un máximo de 80 cm, (GARTLAND & PARUSSINI, 1991). Presenta **hábito** de copa alta y follaje persistente, de ramificación ascendente. En el estado adulto desarrolla una **copa** amplia, semiorbicular; múltiple, con sus hojas agrupadas en los extremos de las ramas, perennifolio, densifoliadas y notablemente discoloros. **Fuste** recto y cilíndrico, con base reforzada, (**Fig. 3**).

La **corteza** es persistente, con **diseño** áspero y rugoso (**Fig. 4**), por presencia de lenticelas orbiculares orientadas en hileras verticales, combinado con rugosidades transversales originadas por cicatrices foliares; en ejemplares de gran porte se observa el desarrollo de un diseño escamoso reticulado. Espesor total de 1,2 a 2 cm, se observa una sola capa peridérmica de 1-3 mm. La corteza interna presenta una coloración blanco amarillenta, los radios más blanquecinos. La **estructura** cortical es simple del tipo flamiforme (**Fig. 5**), **textura** parenquimatosa, con exudados cristalinos, (BOHREN et al., 2003).

Las **hojas** son compuestas, alternas, con estípulas intrapeciolares, palmaticompuestas de 25 a 40 cm de longitud y 15 a 35 cm de ancho; pecioladas, el pecíolo puede alcanzar hasta 50 cm de longitud, con apéndices raqueales en el extremo distal. La hoja se compone de 9 a 13 folíolos de 8 a 25 cm de largo por 4 a 12 cm ancho, estipulados; peciólulos de 3 a 10 cm de longitud. Las láminas foliolares son elíptico-lanceoladas u obovadas, poseen ápice cuspidado, base cordada a redondeada, borde entero, retinervados, discoloros el haz es verde oscuro y el envés blanco-ceniciento, pubescentes y coriáceos.

Las **flores** se presentan en racimos de 4 a 12 cm de longitud, con umbelas de 1-5 cm de longitud, multifloras, con 10-40 flores, raro menos, blanco-verdosas de 3-6 mm de largo, pedicelos no articulados (LÓPEZ *et al.*, 1987; GAMERRO & ZULOAGA, 1998).

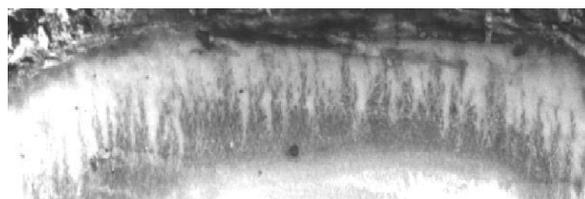
Los **frutos** son drupas redondeadas aplanadas, grisáceas de 5-10 mm de diámetro con 1-3 semillas por fruto, (ORTEGA TORRES *et al.*, 1989).



**Figura 3:** Árbol de “cac eta”, ábito de copa alta y copa en aglomerados



**Figura 4:** “Cac eta”, corteza rugosa



**Figura 5:** “Cac eta”, estructura cortical tipo flamiforme.

## CARACTERÍSTICAS DE LA MADERA

Presenta albura y duramen poco diferenciados, de coloración blanquecina y grisáceo respectivamente, liviana con densidad 0,45 gr/cm<sup>3</sup>, diseño vetado suave, brillo mediano, textura mediana a gruesa y grano derecho, poco durable en contacto con la humedad, (TINTO, 1978).

Anillos de crecimiento no demarcados; de porosidad difusa; poros múltiples radiales cortos de 2 a 4 poros, solitarios y agrupados. Parénquima axial poco visible, de tipo paratraqueal escaso yapotraqueal difuso. Radios leñosos visibles (TORTORELLI, 1956).

## USOS

Se utiliza para la elaboración de laminados, faqueados, terciados, carpintería en general, cajonería, revestimientos para interiores, puertas interiores, placares. Su uso se restringe para interiores debido a la susceptibilidad al ataque de hongos.

## FENOLOGÍA

(EIBL *et al.*, 1997)

Plenitud de brotación (fecha media): 12 de noviembre

Plenitud de floración (fecha media): 5 de enero

Plenitud de crecimiento de frutos (fecha media): 14 de mayo

Plenitud de maduración de frutos (fecha media): 29 de junio

## FRUTOS Y SEMILLAS

(EIBL *et al.*, 1994)

Número promedio de frutos frescos por kg.: 3.518

Número de semillas por fruto: 1-3

Número promedio de semillas frescas por kg.: 3.518

## PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS

(TINTO, 1978).

**Propiedades físicas** (15 % de humedad)

**Densidades (Kg/dm<sup>3</sup>):**

**Estacionada:** 0,450

Contracciones (%):

Radial (R): **0,12**

Tangencial (T): **0,25**

Relación (T/R): **1,9**

Propiedades mecánicas: (**Madera con 15% de humedad**)

**Flexión estática (Kg/cm<sup>2</sup>)**

**Módulo de rotura:** 661

**Módulo de elasticidad:** 92.000

**Comprensión axial (Kg/cm<sup>2</sup>):**

**Módulo de rotura:** 310

**Módulo de elasticidad:** 113.000

**Dureza (Kg/cm<sup>2</sup>)**

**Transversal:** 215

**Estabilidad dimensional:** Medianamente estable

**Receptividad a la impregnación:** Medianamente penetrable

**Comportamiento en procesos varios:**

**Secado:** Bueno

**Maquinado:** Bueno

**Pintado:** Bueno

**Clavado:** Deficiente

## BIBLIOGRAFIA

BOHREN, A. V.; Grance, L. A.; Miranda, D.; Keller, H. y H. M. Gartland. 2003. Clave de reconocimiento de especies forestales de Misiones, Argentina, por medio de la corteza. Revista Forestal YVYRARETA N° 12. p:26-40.

EIBL, B.; Silva, F.; Bobadilla, A. y G. Ottenweller. 1997. Fenología de especies forestales nativas de la Selva Misionera. Rev. Yvyrareta N° 8, Año 8, p:78-87. ISIF. Facultad de Ciencias Forestales de Eldorado. UNaM. Argentina.

EIBL, B.; Silva, F.; Carvalho, A.; Czerepak, R. Y J. Kehl. 1994. Ensayos de germinación y análisis cuantitativo en semillas de especies forestales nativas de Misiones, R. A. Yvyrareta 5: 33-48 p. Facultad de Ciencias Forestales. Eldorado. U.Na.M. Misiones. Argentina.

FIASCHI, P. & J. R. Pirani. 2008. Padrões de

distribuição geográfica das espécies de *Schefflera* J. R. Forst. & G. Forst. (Araliaceae) do Brasil extra-amazônico. Revista Brasil. Bot., V. 31 (4):633-644.

GAMERRO, J. C. & F. O. Zuloaga. 1998. *Dendropanax affinis*, nueva combinación y sinopsis de la Araliaceae argentinas. Darwiniana 35(1-4):163-166.

GARTLAND, H. M. y M. Parussini. 1991. Caracterización dendrométrica de treinta especies forestales de Misiones (Segunda y última entrega). Revista YVYRARETA Año 2. N° 2. ISIF. UNaM. Facultad de Ciencias Forestales. Eldorado. Misiones. p: 5-22.

GARTLAND, H. M.; Bohren, A. V.; Muñoz, D.; y G. Ottenweller. 1990. Descripción y reconocimiento de las principales especies forestales de la Selva Misionera en el estado de plántula. (Primera entrega). Revista YVYRARETA Año 1. Nro 1. ISIF. UNaM. Facultad de Ciencias Forestales. Eldorado. Misiones. UNaM. p: 67-90.

LÓPEZ, J. A.; Little, E.; Ritz, G.; Rombold, J. S. y W. J. Han. 1987. Arboles comunes del Paraguay. Ñande yvyra mata kuera. Cuerpo de Paz. Colección e Intercambio de Información. Asunción, Paraguay. 416 p.

Ortega Torres, E.; L. Stutz De Orteza y R. SPICHIGER. 1989. Noventa especies forestales del Paraguay. Flora del Paraguay. Conservatoire el Jardín Botaniques de la Ville de Geneve. Missouri Botanical Garden. Ginebra. 218 p.

TINTO, J. 1978. Aporte del Sector Forestal a la Construcción de Viviendas. Instituto Forestal Nacional. Folleto Técnico Forestal N° 44. Bs. As. 142 p.

TORTORELLI, L. 1956. Maderas y Bosques Argentinos. Ed. ACME S.A.C.I. Bs.As. 910 p.

Tropicos.org. 2013. Missouri Botanical Garden. 13 Sep 2013; <http://www.tropicos.org>

ZULOAGA, F. O.; O. Morrone y M. J. Belgrano. 2011. Catálogo de las plantas Vasculares del Cono Sur. Capturado Septiembre 2013.

<http://www.darwin.edu.ar/Proyectos/FloraArgentina/FA.asp>.

## FICHA TÉCNICA

### MANEJO DE FRUTOS Y SEMILLAS, PRODUCCIÓN DE PLANTINES Y ESTABLECIMIENTO A CAMPO DE ESPECIES NATIVAS

*Peltophorum dubium* (Sprengel) Taubert. (Cañafístula), Caesalpinaceae.

Beatriz Eibl<sup>1</sup>  
Cecilia González<sup>1</sup>

1. Laboratorio de Análisis de Semillas y Banco Regional de Semillas, Vivero EX de la Facultad de Ciencias Forestales, UNaM

#### CARACTERÍSTICAS DE LA ESPECIE

Hojas: Compuestas, bipinadas, alternas, discolores.

Flores: hermafroditas, de color amarillo muy vistosas reunidas en inflorescencias.

Fruto: es una vaina plana, indehisciente, de color castaño, con una a tres semillas por fruto.

Semillas: son de color castaño claro, duras, achatadas, con superficie lisa y brillante.

Cotiledones: Los cotiledones tienen un aspecto alargado, aovado, con extremo redondeado.

#### FENOLOGÍA DEL CICLO REPRODUCTIVO

Floración: diciembre a febrero.

Maduración de los frutos: marzo a mayo.

Dispersión: abril a septiembre.

#### MANEJO DE FRUTOS Y SEMILLAS

Cosecha: la cosecha se realiza del árbol, a partir de abril cuando pasan de tener color verde oscuro a marrón claro- ceniciento.

Acondicionamiento de frutos: secar los frutos en ambiente seco sobre papel de diario; la extracción de las semillas es difícil y se realiza de forma manual.

Número de semillas/kg: entre 21500 a 23.500 semillas/kg.

Almacén: pueden ser almacenadas secas, en envases herméticos y en frío, por varios años.

#### VIVERIZACIÓN

Tratamiento pregerminativo: escarificar en el extremo más ancho, o en forma lateral con papel de lija fina para madera y colocarlas por 24 horas entre papeles húmedos antes de la siembra. Otro tratamiento es colocar las semillas en agua caliente a 60 - 70 °C y dejar enfriar en la misma agua por 24 horas, con este último tratamiento las germinaciones son menores.

Poder germinativo: es alto cuando se trata de semillas escarificadas (superior a 80 %) y bajo hasta 25 % con semillas no tratadas.

Siembra: sembrar directamente 1 semilla escarificada previamente, en cada envase. La

germinación ocurre entre los 5 a 7 días de la siembra y generalmente germinan todas las semillas adecuadamente escarificadas. La germinación es homogénea y se completa a los 28 días.

Envases: bolsas de polietileno y/o en bandejas con tubetes de 100-140 cm<sup>3</sup>.

Sustratos: puede utilizarse mantillo de monte solo o con tierra colorada, así como también corteza de pino compostada con 1,5-3 Kg. de fertilizante de liberación lenta por m<sup>3</sup> de sustrato, o una mezcla de corteza de pino compostada con tierra colorada y arena, mas fertilizante.

Daños o enfermedades en vivero: no se observaron plagas o enfermedades en vivero.

Tiempo de viverización: es de 3 a 9 meses, lográndose altura total 35 a 60 cm, dependiendo del sistema de producción.

#### CARACTERÍSTICAS SILVICULTURALES

Exigencia lumínica: es heliófita.

Hábito de crecimiento: variable desde monopodial a irregular, puede presentar desrame natural, no obstante se debe realizar poda correctiva para aumentar el fuste comercial.

#### ESTABLECIMIENTO DEFINITIVO

Sensibilidad a heladas: es sensible en los primeros años.

Métodos de plantación: puede ser plantada a cielo abierto en plantaciones puras con buen crecimiento, en plantaciones mixtas (asociada con especies pioneras; esta especie también es utilizada también para tuturar especies clímax) y en enriquecimiento (MONTAGNINI *et al.*; 2006)

Plagas: en plantaciones y en enriquecimiento se observaron daños causados por *Oncideres* spp. (Kiritó), en ramas laterales (CARVALHO, 1994).

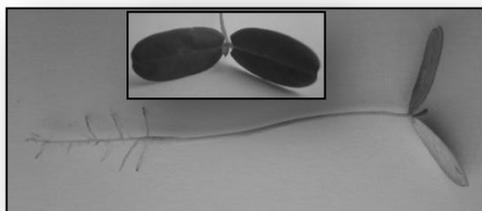
Datos de crecimiento: esta especie presenta crecimiento rápido, con productividad volumétrica máxima de 19,6 m<sup>3</sup>/ha.año (CARVALHO, 1994); En enriquecimiento alcanza un crecimiento medio en altura y diámetro de 44 y 0,23 cm/año respectivamente, con una sobrevivencia promedio de 54 % (EIBL *et al.*; 2003)

**BIBLIOGRAFIA**

- CARVALHO P E R. 1994. Especies florestais brasileiras. Recomendacoes silviculturais, potencialidades e uso da madeira. EMBRAPA. CNPF/SP. Brasil. 639 pp.
- Montagnini F.; Eibl B.; Fernández R. 2006. Reahabilitation of degraded lands in Misiones Argentina. Revista Bois et Forets des Tropiques N° 288 (2).
- Eibl B. Vera, Méndez. 2003. Silvicultura de diez árboles nativos con potencialidades para la producción de madera y otros usos alternativos. SAGPyA-PEA / FCF-UnaM.



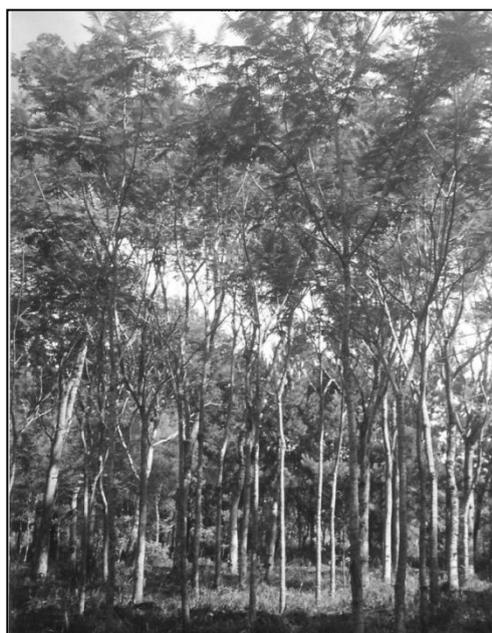
**Imagen 1: Frutos y semillas de Cañafistula**



**Imágenes 2 y 3: plántulas a los 10 días y detalle de cotiledones**



**Imágenes 4 y 5: Plantines en tubetes de 140 cm<sup>3</sup> a los 3 meses. Imagen 5: Plantín de buena calidad**



**Imagen 6: Plantación de Cañafistula a los 11 años**

## FICHA TÉCNICA

### REGLA METRICA PARA LA MEDICIÓN DE LA CANTIDAD DE CEBO GRANULADO QUE LLEVA LA HORMIGA MINERA (*Atta sexdens*: HYMENOPTERA, FORMICIDAE) DURANTE EL ACARREO

### METRIC RULER USED FOR MEASURING THE AMOUNT OF GRANULATED BAIT CARRIED BY THE LEAF CUTTING ANT (*Atta sexdens*: HYMENOPTERA, FORMICIDAE) FORAGING

Olga R. de Coll <sup>1</sup>  
Mabel Correa <sup>2</sup>  
Claudio Marchioli <sup>3</sup>  
Ricardo Maletti <sup>3</sup>

1. Ingeniera Agrónoma EEA, INTA Montecarlo. Av. El Libertador N° 2471. (CP 3384) Montecarlo, Misiones. E-mail: odecoll@montecarlo.inta.gov.ar
2. Licenciada en Estadística EEA, INTA Cerro Azul, Ruta Prov. 14 Km 1985-CC6 (CP N3313WAA) Cerro Azul, Misiones. E-mail: mtemchuk@outlook.com
3. Ingeniero Forestal y Técnico Forestal LIPSIA, S.A. Ruta Nac. 12 y Av. Victoria, Pto. Esperanza (CP 3378). E-mail: cmarchioli@lipsia.com.ar y rmaletti@lipsia.com.ar

Las hormigas cortadoras de los géneros *Atta* y *Acromyrmex* son una de las plagas más estudiadas en las zonas tropicales y subtropicales. Este herbívoro prefiere cortar determinadas plantas, poseen ciertas características físicas y químicas que las mismas tienen (Hölldobler & Wilson, 1990, Oliveira, 1999, Pilati & Quirán, 1996). Dentro de las estrategias de las hormigas cortadoras, el forrajeo es un aspecto poco conocido. Las hojas cortadas en fragmentos, son acarreadas para el cultivo de un hongo que vive en simbiosis con la hormiga y le sirve de alimento.

La etología trata el estudio del comportamiento de los insectos y, este conocimiento de los aspectos vitales, se usa para el control de plagas de una forma más racional (Aming y Lizárraga, 1999). En el comportamiento de las hormigas cortadoras, se producen estímulos químicos. Las hormigas son atraídas por olores provenientes de sustancias químicas, como los cebos, y comunican esta información a otros individuos de la colonia para unirse al acarreo, de forma similar a como forrajean las plantas.

El control de la hormiga minera *Atta sexdens*, se realiza por medio de distintos productos químicos, formulados en polvo, cebo o líquidos. Pero el uso de los cebos granulados, es el más eficiente (de Coll, 1998.A; de Coll, 1998.B), Fig. 1, 2 y 3.



Figura 1: Hormiga minera *Atta sexdens*.



Figura 2: Nido de minera vivo.



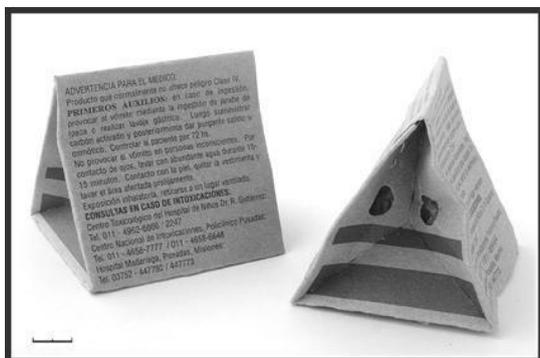
**Figura 3: Nido de minera controlado.**

Los cebos granulados tienen forma de barril o bastoncito (Fig. 4), y se formulan con un atrayente, que en general es cáscara de naranja, la hormiga lo detecta por el olor.

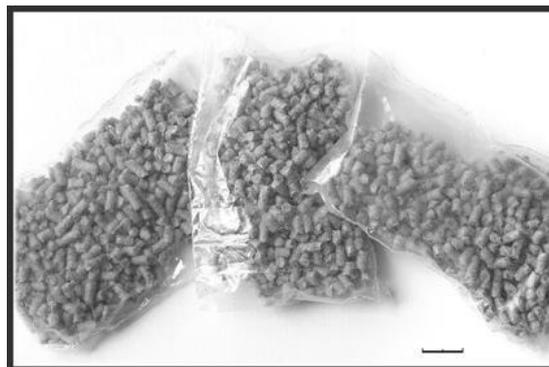


**Figura 4: Cebo granulado en forma de barril o bastoncito.**

De acuerdo a la bibliografía, hay diferentes métodos para medir la cantidad de cebo granulado acarreado por las cortadoras. Colocarlos en cajas de Petri, en cajitas de cartón biodegradable o bolsitas de plástico (Fig. 5 y 6). Pero el método de aplicación a granel es el más aconsejable.



**Figura 5: Cajitas biodegradables con cebo granulado.**



**Figura 6: Bolsitas de plástico con cebo**

Los cebos granulados aplicados a granel, permiten determinar la eficiencia de atracción que tienen los mismos y sus propiedades físicas y químicas.

En los ensayos a campo por medio de cebos granulados, aplicados a granel la cantidad de producto que lleva la hormiga, durante el acarreo al interior del nido, es un valor muy subjetivo.

El objetivo de la presente nota, fue determinar por medio de una regla métrica, en forma indirecta, la cantidad de cebo granulado que acarrea la hormiga minera.

Este método consiste en colocar una regla de un metro, en cuyos extremos se anexaron reglas transversales de 5 cm de largo (Fig. 7), lo que delimita 500 cm<sup>2</sup> (100 cm x 5 cm).

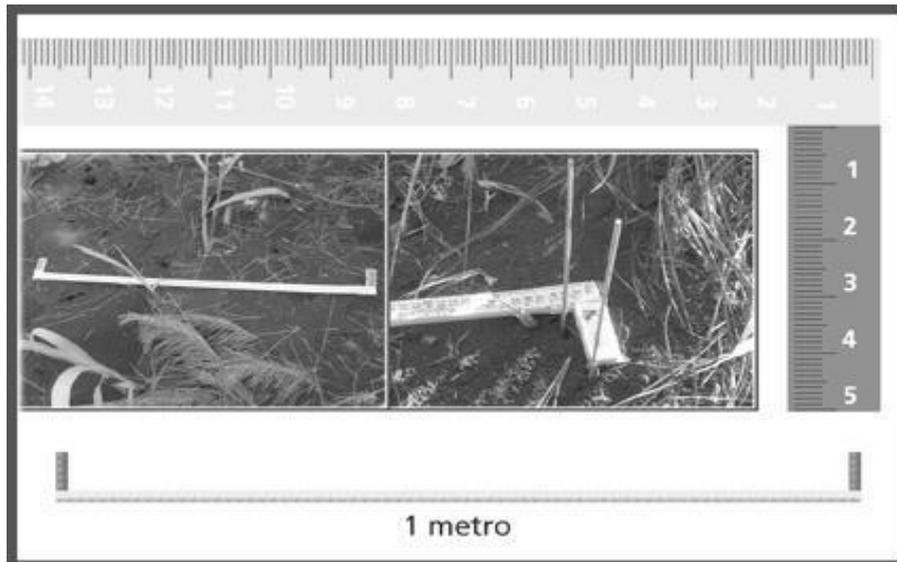
El cebo se distribuye en esta superficie, de tal modo de poder cuantificar la cantidad de cebo acarreado (g/cm<sup>2</sup>), lo que resulta muy útil en los ensayos a campo (Fig. 8).

En las mediciones de acarreo, realizadas a las 24, 48 y 72 hs después de la aplicación del cebo, se coloca la regla en la posición original delimitada por estacas y se mide con más exactitud la cantidad de cebo acarreado por superficie.

En los métodos directos, se coloca un peso conocido de cebo granulado. En este método indirecto, se coloca también un peso conocido pero en una superficie determinada.

Las ventajas de éste, son proporcionar una medición más precisa, además de ser simple, práctico y de bajo costo.

En investigación surge la necesidad de contar con técnicas prácticas, tanto para ensayos de laboratorio, como de campo.



**Figura 7:** Regla métrica para medir la cantidad de cebo granulado que acarrea la hormiga minera.



**Figura 8:** Cebo granulado aplicado sobre el nido de la hormiga minera.

MG. Brasil. Tese de Magister Scientiae. Viçosa, Brasil 59 pp.

PILATI, A. & QUIRÁN, E. M. 1996. Patrones de cosecha de *Acromyrmex lobicornis* (Formicidae: Attini) en un pastizal del Parque Nacional Lihué Calel, La Pampa, Argentina. *Ecología Austral* 6:123-126.

WILSON, E. O. 1980. Caste and division of labor in leaf-cutting ants (Hymenoptera: Formicidae). II. The ergonomic optimization of leaf-cutting. *Behavioral Ecology and Sociobiology* 7:157-165.

## BIBLIOGRAFÍA

- AMING, I. Y LIZÁRRAGA, T. A. 1999. Manejo Ecológico de Plagas. Una propuesta para la Agricultura Sostenible. RA.174 pp.
- DE COLL, O. R. 1998. A. Empleo del cebo Fluramim (Sulfloramida) para el control de *Atta vollenweideri* Forel (Formicidae). ISSN 0327-9278. N° 3. 20 pp.
- DE COLL, O. R. 1998. B. Ensayo de control de *Acromyrmex lobicornis* Emery (Formicidae) con cebo Fluramim (Sulfloramida). ISSN 0327-9278. N° 4. 20 pp.
- HÖLDOBLER, B. & WILSON, E. O. 1990. The ants. Harvard University Press. 713 p.
- OLIVEIRA, M. C. DE. 1999. Polimorfismo e actividade forrajeadora das operárias de *Atta bisphaerica* espécie forrageira preferida e efeito do extrato desta em colônias no campo. Viçosa,

## FICHA TÉCNICA

### FRUTOS Y SEMILLAS DE INTERES FORESTAL *Balfourodendron riedelianum* (Engl.) Engl.

Dora Miranda<sup>1</sup>  
Dardo Paredes<sup>2</sup>

1. Prof. Titular: Morfología Vegetal. Facultad de Ciencias Forestales, UNaM. Calle Bertoni N° 124 (CP 3380), Eldorado Misiones.
2. Ing Ftal Ex Becario Proyecto: “Frutos y emillas de Especies Forestales Nativas” Facultad de Ciencias Forestales

Guatambú, en guaraní significar a “fruta agusanada”, debido a la similitud de las semillas con gusanos, de **ivá** = fruta y **tambú** = larva de un insecto.

**FAMILIA**  
Rutaceae.

#### NOMBRES VERNÁCULOS

Argentina: guatambú, guatambú blanco, guatambu. morotí, ibirañotí.

Paraguay: yvyra neti, yvyra ñeti, yvyra tai guasu.

Brasil: pau marfim, peqiá mamão, farinha seca, guatai, gramixinga, pau-liso.

#### CARÁCTER DE RELEVANCIA

Las semillas tienen frecuentemente un poder germinativo bajo. Demoran un mes o más para germinar y el desarrollo inicial es lento (López y Otros, 1987). Pertenecen al grupo de semillas que exigen un tiempo de estratificación para germinar, de 3-4 meses en cajas de germinación con abundante materia orgánica. Presentan una energía germinativa baja, por lo que requieren un tiempo de hasta 6 meses para completar la germinación. Son de fácil cosecha en el suelo. Es posible el almacenamiento en bolsas de arpillera a temperatura ambiente por más de un año (Eibl, 1994). Los frutos se los utiliza directamente para la siembra, porque es prácticamente imposible la separación de la semilla del fruto. Para la producción de plántulas se pueden utilizar canteros o recipientes individuales con substrato orgánico-arcilloso y un ambiente semisombreado. La emergencia ocurre en aproximadamente 25-45 días y la germinación es baja. El desarrollo de las plantas es moderado (Lorenzi, 1998).

#### HÁBITAT Y SISTEMA REPRODUCTIVO

Es una especie intermedia entre heliófita y esciófita, semidecidua. Su regeneración dentro del bosque es abundante. Aprovecha aperturas del dosel para alcanzar la luz (López y Otros, 1987). Flores hermafroditas. La dispersión de los frutos es anemófila (Carvalho, 1994). Gran producción anual

de semillas. Florece desde septiembre a noviembre. La maduración de los frutos ocurre en agosto-septiembre (Lorenzi, H.1949).

#### USOS

Su madera tiene muchas aplicaciones en carpintería, mueblería fina, chapas para compensados, cabos de herramientas, duelas para barriles, construcciones civiles y navales, piezas de ajedrez, reglas de dibujo, bobinas de telares, etc. (Biloni, 1996). Especie apta para plantaciones de enriquecimiento en áreas degradadas (López y Otros, 1987).

#### FRUTOS

Tetrasámaras de 2.8-5.4 cm. de longitud (Fig. A). Monotalámicos. Alados, tienen una forma muy particular debido a la presencia de 4 alas semicirculares dispuestas radialmente en una cámara seminífera elíptica y rolliza (Fig. A), adquiriendo una transección con aspecto de estrella (Fig. C). Polispermicos, 4 semillas cada una en un lóculo, excepcionalmente 3, 2 o 1 (Fig. I) e inclusive ninguna semilla por fruto. Sincárpicos, 4 carpelos. Pericarpio amarillo, a veces ocre, reticulado, opaco y cámara seminífera leñosa. Indehiscentes. Alas concéntricas ligeramente coriáceas.

Número de frutos frescos en promedio por kg.: 2.052 (Eibl, 1994).

#### SEMILLAS

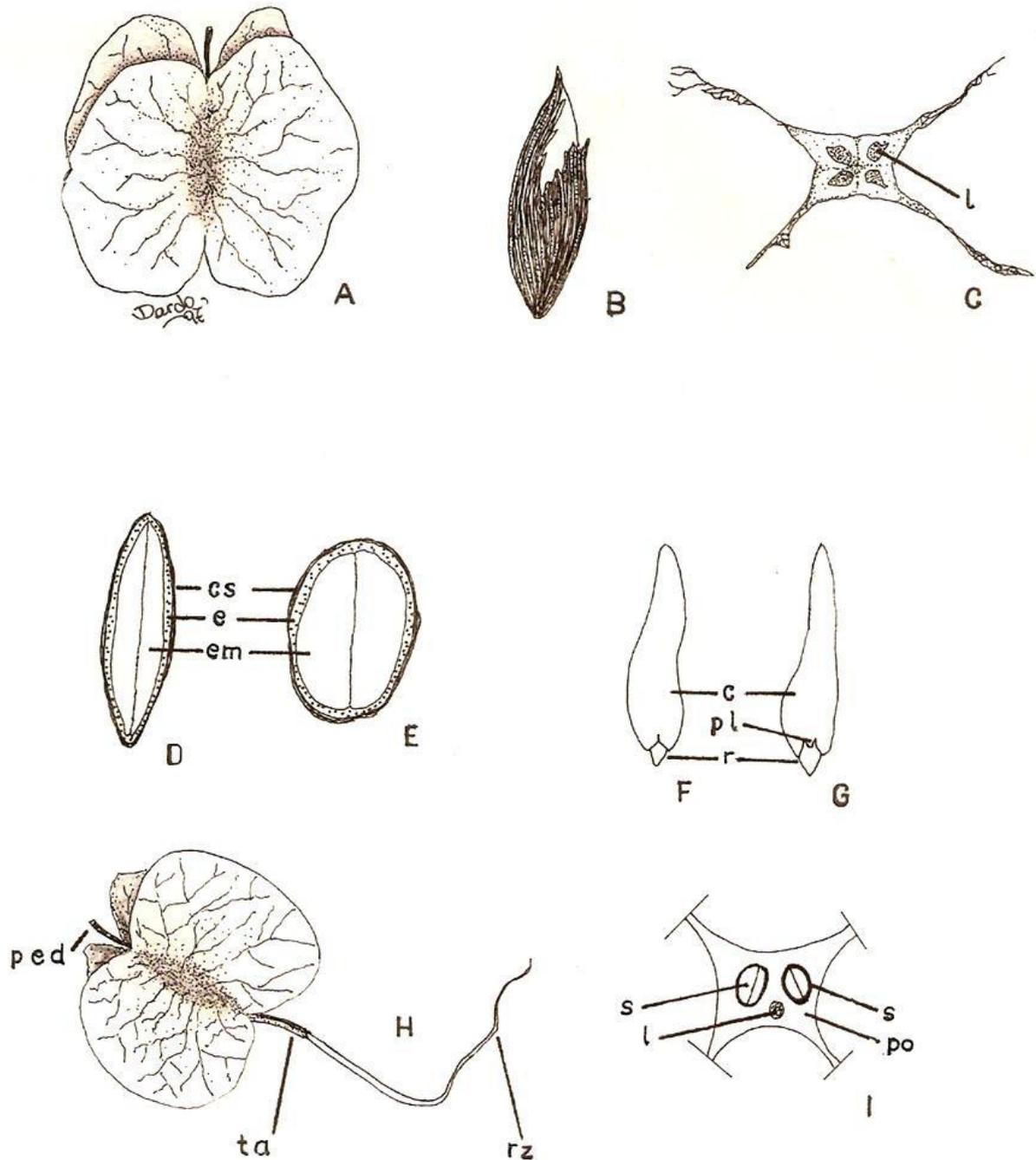
Semillas medianas de 9 mm. de longitud. Elípticas, con extremos profusamente ahusados (Fig. B). Rollizas y de bordes redondeados (Fig. E). Cubierta seminal negra, lisa, opaca y foliácea- El hilo y el micrópilo indiscernibles. Endosperma uniforme, externo, carnoso y blanco. Embrión inverso, blanco, bilateralmente asimétrico y carnoso. Cotiledones planos convexos, irregularmente lineales, iguales,

lisos, márgenes enteros, ápice agudo y base atenuada (Fig. F). Eje embrional recto, plúmula rudimentaria e hipocotilo-radícula cónica (Fig. G).

Número de semillas por kg: 15000 (López y Otros, 1987).

## BIBLIOGRAFIA

- CARVALHO, P. 1994. Especies florestais brasileiras .EMBRAPA. Brasilia
- EIBL, B. Silva, F. (1994) Ensayos de germinación y análisis cuantitativo en semillas de especies forestales nativas de Misiones. Yvyrareta 5:33-41.Facultad de Ciencias Forestales. Universidad Nacional de Misiones.
- LORENZI, H. 2008. Árbores brasileiras. Manual de identificacao e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil Nova Odessa: Instituto Plantarum Vol 0 5 Ed. San Pablo.
- SANTOS BILONI, J. 1990. Árboles autóctonos argentinos. Tipográfica Editora Argentina. Buenos Aires.
- NIEMBROS ROCAS, A.1989. Semillas de plantas leñosas. Morfología Comparada. Editorial Limusa. México.
- LOPEZ, J.; Little, E; Ritz, G.; 1987. Árboles comunes del Paraguay. Washington. Cuerpo de Paz.
- MACIEL BARROSO, G; Pires, M. M; Luna Peixoto, A; 2004. Frutos e Sementes. Morfología Aplicada a Sistematica de Dicotiledóneas. Universidade Federal de Vicosa .
- NIEMBROS ROCAS, A. 1988. Semillas de árboles y arbustos. Ontogenia y estructura. Editorial Limusa. México



***Balfourodendron riedelianum*** (Engl.) Engl. A. Vista general del fruto maduro (x 1). B. Vista general de la semilla mostrando la cubierta seminal negra (x 4). C. sección transversal del fruto indehiscente exhibiendo 4 (l) lóculos vacíos (x 1). D. Sección transmediana de la semilla exhibiendo la (c s) cubierta seminal, (e) endosperma y (em) embrión (x 5). E. Sección transversal de la semilla (x 10). F. Vista externa del embrión inverso donde se puede apreciar en (c) cotiledón y la (r) radícula parcialmente cubierta por el cotiledón (x 5). G. Vista interna del embrión; (c) cotiledón y (pl) plúmula rudimentaria (x 5). H. Emergencia del embrión, se puede apreciar el (ped) pedúnculo del fruto, (ta) tallo y la (rz) raíz primaria (x 2). I. Disposición de las (s) semillas del fruto, donde se encuentran un (l) lóculo vacío y el (po) pericarpio leñoso (x2).

## NORMAS PARA LA PRESENTACIÓN DE TRABAJOS

La Revista Forestal YVYRARETA es una publicación de la Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad Nacional de Misiones, en la que se dan a conocer resultados de investigaciones en un amplio campo de las áreas científicas forestales.

Los trabajos deben ser originales, inéditos y de actualidad técnico científica. Los artículos serán: **Trabajos de investigación** que comprendan resultados de estudios experimentales o descriptivos llevados a cabo hasta un punto que permita la deducción de conclusiones válidas; **Comunicaciones**: trabajos que contengan resultados de investigaciones en curso, o que desarrollen una nueva técnica o metodología; **Revisiones**: trabajos que resuman el estado actual del conocimiento sobre un tema. La aceptación de todos los trabajos recibidos para publicación estará basada en la revisión del comité editorial y los árbitros que se consideren necesarios.

Los manuscritos serán enviados a: Comité Editorial, **Revista Forestal Yvyraretá, Instituto Subtropical de Investigaciones Forestales, Facultad de Ciencias Forestales, Bertoni 124, (3380) Eldorado, Misiones, Argentina.** (Te: 03751-431780/431526, fax: 03751-431766 e-mail: isif@facfor.unam.edu.ar)

**Presentación:** los trabajos deberán ser presentados en hojas de formato A4, escritas a doble espacio e impresas en procesador de texto Microsoft Word 6.0 para Windows, con dos copias impresas, cada página numerada en la parte inferior derecha, con márgenes izquierdo, superior e inferior de 2,5cm y derecho de 2cm. Podrán tener hasta un máximo de 15 páginas. El título debe ser conciso indicando con claridad su contenido, en letra mayúscula, negrita y centrado. Todas las partes de la estructura deberán ir alineadas al margen izquierdo, en mayúscula y en negrita. Si hubiera subtítulos, en minúscula y negrita. Al comienzo de las oraciones dejar una tabulación de 1,25cm. Fuente Times New Roman tamaño 12. La estructura de los trabajos responderá al siguiente ordenamiento:

- **Carátula: TÍTULO**, en castellano e inglés; **AUTORES**: Nombre y apellido completo, centrado y minúscula, en negrita, con llamadas numeradas. Debajo de los autores, alineados a la izquierda, colocar: títulos, cargo e institución, incluyendo dirección completa y correo electrónico.

Comenzar en otra página con:

- **TÍTULO**: en castellano e inglés
- **SUMMARY**: resumen traducido al inglés, no superior a 150 palabras
- **Key words**: palabras claves traducidas al inglés.
- **RESUMEN**. Debe consistir en una condensación informativa de los métodos, resultados y conclusiones principales.
- **Palabras clave**: Cinco como máximo, en orden de importancia.
- **INTRODUCCIÓN**: Debe indicar claramente el objetivo e hipótesis de la investigación y su relación con otros trabajos relevantes. Estos, los trabajos, deberán citarse, hay dos casos: con el autor y sólo el año de publicación entre paréntesis; y otro caso de el autor y el año entre paréntesis, ya que luego aparecerá en la bibliografía. En caso de un autor el Apellido en mayúscula y seguido del año, (LÓPEZ 1980); en el caso de dos autores colocar “y”, (LÓPEZ y MARTÍNEZ 1990) y más de dos colocar “*et al.*” (LÓPEZ *et al.* 1985). Por ejemplo: En comparación con el presente trabajo, VEILLON (1976) contó 278 individuos... ; o ..... como así también en los planes de mejoramiento (REPETTI, 1990).
- **MATERIALES Y MÉTODOS**: la descripción de los materiales debe ser en forma concisa y si las técnicas o procedimientos utilizados han sido publicados sólo deberá mencionarse su fuente bibliográfica, e incluir detalles que representen modificaciones sustanciales del procedimiento original.
- **RESULTADOS**: Estos se presentarán en lo posible en cuadros y/o figuras, que serán respaldados por cálculos estadísticos, evitando la repetición, en forma que en cada caso resulte adecuada para la mejor interpretación de resultados. Las denominaciones serán: tablas; figuras (mapa, organigrama), y gráfico (representaciones gráficas), deben ir incorporadas en el texto con numeración arábiga, en negrita, minúscula. Los títulos de las tablas deben ir en la parte superior, y de gráficos y figuras en la inferior. Si los gráficos y figuras no son muy complejos que no superen un ancho de 7,5cm. Las tablas deben tener líneas simples horizontales en los encabezados de las mismas y al final. Los gráficos y fotos serán impresos en blanco y negro. Los títulos de tablas, figuras y gráficos con traducción al inglés.
- **CONCLUSIÓN**: Debe ser basada en los resultados obtenidos y ofrecer, si es posible, una solución al problema planteado en la introducción.
- **AGRADECIMIENTOS**
- **BIBLIOGRAFIA**: Deberá estar **únicamente la bibliografía referenciada**, en orden alfabético. **Libros**: Autores (apellido e iniciales de los nombres), el primer apellido con mayúscula, año de publicación, Título, Editorial, Lugar de publicación, Número de volumen y de páginas. En caso de **Revistas**: Autores (apellido e iniciales de los nombres), el primer apellido con mayúscula, año de publicación, Título del artículo, nombre de la revista o publicación, Número de volumen y de Revista y páginas del artículo. El formato deberá ser con sangría francesa a 0,5 cm. Ejemplos: **Libro**: KOZLOWSKI T.T. 1984. Flooding and Plant Growth. Academic Press. New York. 365pp. **Revista**: MOSS D.N., E.Satorre. 1994. Photosynthesis and crop production. Advances in Agronomy. 23, pp 639 -656. **Publicación**: RIQUE, T.; Pardo, L.; 1954. Studio de gamma obtained de spine de corona (*Gleditsia amorphoides*). Buenos Aires. Ministerio de Agriculture y Gendered. Administration National de Bosque. Publicación técnica número 19, 30 pp.
- **Abreviaturas y nombres científicos**: Las abreviaturas de nombres, procedimientos, etc. deben ser definidos la primera vez que aparezcan. Las abreviaturas de carácter físico se escribirán de acuerdo al Sistema Internacional de Unidades (SI). Cuando una especie es mencionada por primera vez en el texto principal, deberá colocarse el nombre vulgar (si lo tiene) y el nombre científico (en cursivo) con el autor. Subsecuentemente, se podrá usar el nombre vulgar o científico sin autor. En el Título deberá incluirse el nombre científico con su autor.

**CONTENTS**  
**SCIENTIFIC ARTICLES**

|   |    |
|---|----|
| FOREST MANAGEMENT WITH ADJACENCY RESTRICTIONS BASED ON MATHEMATICAL PROGRAMMING: EFFECT OF INTEGER RELAXATION<br>Diego Broz; Guillermo Durand; Mariano Frutos   | 1  |
| GROWTH STRESS IN WOOD OF PROVENANCES AND PROGENIES OF <i>Eucalyptus camaldulensis</i> IN SANTIAGO DEL ESTERO<br>Estela Pan; Carlos López; Juan Carlos Medina; Néstor Lencina; Luis Palmas; Franco Gonzales Castillo; Maximiliano Umlandt  | 9  |
| IMPROVEMENT OF QUALITY KILN DRYING OF <i>Pinus</i> spp. APPLYING BEST PRACTICES OF MANUFACTURE<br>Marek, Marcelo; Hildt Eduardo; Kramer, Carlos   | 16 |
| DENSITY AND STATIC FLEXION OF <i>Eucalyptus grandis</i> HILL EX MAIDEN AND <i>Ruprechtia laxiflora</i> WOODS IMPREGNATED AND WITHOUT IMPREGNATION OF MISIONES PROVINCE<br>Suirezs Teresa; Bobadilla Elisa; Weber Elizabeth; Arenhardt Orlando; Bernio Julio; Marek Marcelo; Morel Mariela; Bragañolo Adelaida | 25 |
| COOPERATIVE SYSTEM AS A STRATEGY FOR COMPETITIVENESS OF SMALL AND MEDIUM ENTERPRISES OF TIMBER FROM MISIONES. PROSPECTS FOR DEVELOPMENT<br>Brondani Nancy Anahi   | 32 |
| <b>REVIEW</b>   |    |
| VARIABLE RETENTION IN <i>NOTHOFAGUS PUMILIO</i> (POEPP. & ENDL.) KRASSER FORESTS OF SOUTH PATAGONIA: FOREST ESTRUCTION, REMNANT TREE STABILITY AND REGENERATION<br>Juan Manuel Cellini; Guillermo Martinez Pastur; Rosina Soler; Marcelo Daniel Barrera; Maria Vanessa Lencinas                               | 40 |