

ISSN: 0328-8854 (versión impresa)
ISSN: 2469-004X (versión en línea)



Yvyrareta

Revista Forestal País de Arboles



Facultad de
Ciencias Forestales



Universidad Nacional de Misiones



22

DICIEMBRE 2015

www.yvyrareta.com.ar



SECRETARIA DE CIENCIA, TÉCNICA
Y POSTGRADO

Autoridades

Rector

M.Sc. Javier GORTARI

Vice-Rector:

Ing. Fernando Luis KRAMER

Sec. Gral. de Ciencia y Tecnología:

Dr. Pedro Dario ZAPATA

Decana

M.Sc. Ing. Alicia Violeta BOHREN

Vice-Decano

Ing. Daniel VIDELA

Sec. Académica

Prof. M.Sc. Julieta KORNEL

Sec. de Ciencia, Técnica y Postgrado

M.Sc. Ing. Fernando NIELLA

Sec. Extensión

Ing. Diego ERBETTA

Sec. Administrativo

Sr. Carlos PEREYRA

Sec. Bienestar Estudiantil

Sr. Matías GONZALEZ

Secretaria Técnica

Ing. Susana Mariela TERESCZUCH

EDITORIAL

La Revista Forestal Yvyrareta, País de árboles en el idioma guaraní, dependiente de la Secretaría de Ciencia, Técnica y Posgrado de la Facultad de Ciencias Forestales (FCF) de la Universidad Nacional de Misiones (UNaM), tiene como objetivo la divulgación científica y tecnológica del sector foresto-industrial. En el año 2014, inicia su edición electrónica, expandiendo así la difusión de sus contenidos.

El año 2015, ha sido declarado el Año Internacional de los Suelos por la Asamblea General de la ONU, y quiero aprovechar esta oportunidad para destacar el rol estratégico de los suelos para asegurar el uso sostenible de los ecosistemas terrestres, la gestión del agua y en mejorar la resiliencia ante las inundaciones y sequías. Los suelos albergan al menos una cuarta parte de la biodiversidad del mundo, y la capacidad de absorción de carbono de los suelos es una contribución esencial a la mitigación del cambio climático. Los cambios en el uso de los suelos, impulsados principalmente por el crecimiento demográfico y económico, han originado que los suelos del mundo se deterioren debido a la erosión, pérdidas de carbono del suelo, nutrientes y biodiversidad. Los bosques juegan un papel fundamental en la gestión sostenible de los suelos, y desde la Facultad de Ciencias Forestales promovemos la difusión de conocimientos, a través de publicaciones científicas que aporten su mirada sobre el manejo sostenible de los recursos naturales, y el rol económico, social y ecológico de los bosques, así como también el uso de nuevas herramientas tecnológicas en la gestión de los bosques.

Invito a autores del sector forestal a publicar en la revista, para que sus contribuciones continúen formando parte del acervo científico de la Revista Forestal Yvyrareta, y que la misma continúe siendo un material de consulta especializada para el sector forestal en la región mesopotámica

Agradezco a los miembros del Comité Científico de la Revista Forestal Yvyrareta, referentes nacionales e internacionales, por sus aportes y desinteresada colaboración para el prestigio de nuestra revista.

M.Sc. Ing. Forestal Alicia V. Bohren
Decana
Facultad de Ciencias Forestales
Universidad Nacional de Misiones

Editada por:

Secretaría de Ciencia, Técnica y Postgrado

Facultad de Ciencias Forestales.
Universidad Nacional de Misiones.

Editor Responsable:

M.Sc. Ing. Alicia Violeta BOHREN

Editor Científico:

M.Sc. Ing. Fernando NIELLA

Editor Técnico:

Ing. Susana Mariela TERESCZUCH/Anl.Sist. Fernando Maximiliano REY

Revisión de texto en inglés:

Prof. Silvia Graciela MARTINEZ

EVALUADORES DE ESTE NÚMERO

Dra. Norma Hilgert (UNaM-FCF- IBS-CONICET)

Dra. Ana Arambarri (UNLP-FCAyF)

M.Sc. Roberto Fernández (UNaM-FCF- INTA EEA Montecarlo)

Dr. Héctor Gonda (Facultad de Ingeniería UNPSJB)

M.Sc. Miguel López (UNaM-FCF)

M.Sc. Gerardo Denegri (FCAyF-UNLP)

Dra. Genoveva Gatti (UNaM-FCF- IBS-CONICET)

Dr. Raúl Pezutti (Bosques del Plata S.A.)

Ing. Daniel Videla (UNaM-FCF)

Dra. Graciela Muñiz de Bolzón (UFPR, Brasil)

M.Sc. Alicia Bodadilla (UNaM-FCF)

M.Sc. Gabriel Keil (UNLP-FCAyF)

M.Sc. Obdulio Pereyra (UNaM-FCF)

M.Sc. Beatriz Eibl (UNaM-FCF)

M.Sc. Patricia Rocha (UNaM-FCF)

Tapa: Ganado en SSP de *Grevillea robusta* de 9 años de edad en la Chacra del Sr. Luis Lytwin, Tres Capones, Misiones. Foto: Ingeniero Agrónomo Fabián Espíndola

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 50 ejemplares

Indizada en LATINDEX

Indizada en CAB ABSTRACTS

ISSN: 2469-004X (versión en línea)

ISSN: 0328-8854 (versión impresa)

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. Interno 112-130

Email: revistayvyrareta@gmail.com **Web:** www.yvyrareta.com.ar

ÍNDICE

ARTÍCULOS CIENTÍFICOS

CONTENIDO POLINICO DE MIELES DE *Apis mellifera* L. PRODUCIDAS EN MISIONES, ARGENTINA 7
 POLINIC CONTENT OF HONEY OF *Apis mellifera* L. PRODUCED IN MISIONES, ARGENTINA
 Débora Aquino; Naldo Pellizzer; Dora Miranda; Cristina Salgado

COMPORTAMIENTO DENDROMÉTRICO DE *Grevillea robusta* A. IMPLANTADA A DISTINTAS DENSIDADES INICIALES EN MISIONES, ARGENTINA13
 DENDROMETRIC BEHAVIOUR OF *Grevillea robusta* A. AT ESTABLISHED AT DIFFERENT INITIAL PLANT DENSITIES IN MISIONES, ARGENTINA
 Sara Barth; Ana María Giménez; María Jacqueline Joseau; Maria Elena Gauchat; Hugo Fassola; Ernesto Crechi

EL ESPÍRITU EMPRENDEDOR EN LAS PYMES MADERERAS DEL NORTE DE MISIONES-ARGENTINA.....25
 ENTREPREUNERSHIP IN SMALL AND MEDIUM SIZED TIMBER BUSINESSES OF NORTHERN MISIONES-ARGENTINA
 Amalia Lucila Díaz; Martín Aguerre

DESINFECCIÓN Y ESTABLECIMIENTO *IN VITRO* DE SEMILLAS DE *Bastardiopsis densiflora* (HOOK. & ARN.) HASSLER.....32
 DISINFECTION AND ESTABLISHMENT IN VITRO OF *Bastardiopsis densiflora* SEEDS (HOOK. & ARN.) HASSLER
 Ana María Noguera; Micaela Evelin Martínez; Alejandro Friedl; Fernando Vier

DESCOMPOSICIÓN DE RAÍCES DE *Pinus taeda* L. BAJO UN SISTEMA SILVOPASTORIL EN LA PROVINCIA DE MISIONES, ARGENTINA.....38
 DECOMPOSITION OF *Pinus taeda* L. ROOTS UNDER A SILVOPASTORAL SYSTEM IN MISIONES, ARGENTINA
 Martín A. Pinazo; Otto E. Knebel

DETERMINACIÓN DE LA CORRELACIÓN ENTRE MEDICIONES DEL MODULO DE ELASTICIDAD “MOE” Y MODULO DE ROTURA “MOR” EN VIGAS LAMINADAS, POR ULTRASONIDO Y MAQUINA UNIVERSAL DE ENSAYOS..... 50
 DETERMINATION OF THE CORRELATION BETWEEN MEASUREMENTS OF MODULUS OF ELASTICITY “MOE” AND MODULUS OF RUPTURE “MOR” ON LAMINATED BEAMS, USING ULTRASOUND AND UNIVERSAL TESTING MACHINE
 Guillermo Gerardo Grabher; Elizabeth Weber; Obdulio Pereyra; Constantino Zaderenko

EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA IGNIFUGA DE SOLUCIONES HIDROSOLUBLES EN LA IMPREGNACIÓN DE MADERA DE *Pinus ponderosa* DOUGL. EX LAWS.....58
 TESTING THE FIREPROOF EFFICIENCY OF WATER-SOLUBLE SOLUTIONS IN THE IMPREGNATION OF *Pinus ponderosa* DOUGL. EX LAWS WOOD
 Gabriel Keil; María Laura Tonello; Laur, Maly; María Mercedes Refort

COMUNICACIÓN

COMPORTAMIENTO EN EL SECADO ARTIFICIAL DE LA MADERA DE DISTINTOS ORIGENES DE *Pinus taeda*.....66
 BEHAVIOR IN THE ARTIFICIAL DRYING OF *Pinus taeda* WOOD FROM DIFFERENT ORIGINS
 Estela Pan; Maximiliano Umlandt; Néstor Lencina; Luis Palmas

FICHAS TÉCNICAS

FICHA TÉCNICA: MANEJO DE FRUTOS Y SEMILLAS, PRODUCCIÓN DE PLANTINES Y ESTABLECIMIENTO A CAMPO DE ESPECIES NATIVAS. *Cedrela fissilis* Vell. (Cedro misionero).....72
Beatriz Eibl; Cecilia González

FICHAS TÉCNICAS: ARBOLES DE MISIONES. *Lonchocarpus campestris* Mart.ex Benth.....75
Luis Alberto Grance; Pablo Andres Poszkus; Guillermo Küppers; Angélica María Anguilera; Alicia Violeta Bohren

FICHA TÉCNICA. FRUTOS Y SEMILLAS DE INTERÉS FORESTAL. *Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan79
Dora Miranda; Dardo Paredes

CONTENIDO POLINICO DE MIELES DE *APIS MELLIFERA* L. PRODUCIDAS EN MISIONES, ARGENTINA

POLINIC CONTENT OF HONEY OF *APIS
MELLIFERA* L. PRODUCED IN MISIONES,
ARGENTINA

Fecha de recepción: 31/07/2015 // Fecha de aceptación: 16/11/2015

Débora Aquino

Naldo Pellizzer

Dora Miranda

Facultad de Ciencias
Forestales. Universidad
Nacional de Misiones. Bertoni
124. 3384, Eldorado, Misiones.
Argentina.

Cristina Salgado

Facultad de Ciencias Agrarias.
Universidad Nacional del
Nordeste. IBONE (UNNE-
CONICET). Sgto. Cabral 2131.
3400, Corrientes. Argentina.

RESUMEN

Diecinueve muestras de miel operculada cosechadas en verano entre los años 2009 y 2013 fueron estudiadas al microscopio óptico y electrónico. Las muestras se recolectaron en apiarios ubicados en los Departamentos de Montecarlo, Eldorado, San Ignacio y Guaraní (provincia de Misiones). Se identificaron 58 tipos polínicos. Los espectros polínicos de las mieles analizadas reflejan la vegetación circundante a los apiarios muestreados.

La presencia de especies características de la flora de Misiones (e. g., *Ilex paraguariensis*, *Bauhinia forficata* subsp. *pruinosa*, *Bastardiopsis densiflora*, *Cecropia pachystachya*) son de gran utilidad para definir el origen geográfico de las mieles. El polen representado en las muestras analizadas corresponden principalmente a las siguientes familias de Angiospermas: Myrtaceae, Asteraceae, Fabaceae y Anacardiaceae. Las muestras de miel analizadas exhibieron características de mieles de tipo multifloral.

Palabras claves: Miel, Polen, *Apis mellifera* L., Misiones.

SUMMARY

Nineteen samples of operculated honey obtained in summer harvests among 2009 and 2013 were studied by light and electron microscope. They were collected from apiaries located in the Departments of Montecarlo, Eldorado, San Ignacio and Guaraní (Misiones province). Fifty eight pollen types were identified. Pollen spectra of honey analyzed reflect the surrounding vegetation to sampled apiaries.

The presence of characteristic species of the Misiones flora (e. g., *Ilex paraguariensis*, *Bauhinia forficata* subsp. *pruinosa*, *Bastardiopsis densiflora*, *Cecropia pachystachya*) are useful for defining the geographical origin of honey. Predominantly, the pollen represented in the samples analyzed belongs to the following families of Angiosperms: Myrtaceae, Asteraceae, Fabaceae, and Anacardiaceae. The analyzed honey samples exhibited characteristics of honey of the multifloral type.

Keywords: Honey, Pollen, *Apis mellifera*, Misiones.

INTRODUCCIÓN

El análisis polínico de las mieles proporciona información sobre las preferencias de las abejas y permite determinar el origen botánico y geográfico, aumentando así su valor comercial (SALGADO y PIRE 1998).

Los estudios melisopalínológicos son abundantes en la región central del país, especialmente en la Provincia Fitogeográfica Pampeana (TELLERÍA 1992, 1995, GURINI y BASILIO 1995, BASILIO y ROMERO 1996, FAGÚNDEZ 2003, FAGÚNDEZ y CACCAVARI 2003, 2006), en la Provincia del Monte (ANDRADA *et al.* 1998). En los últimos años se ha registrado un creciente desarrollo del sector apícola del noreste de nuestro país y se conocen estudios de esta índole para la provincia fitogeográfica Chaqueña (MAIDANA 1976, SALGADO y PIRE 1998, 1999, CABRERA 2006, SALGADO 2006, CABRERA *et al.* 2011).

Para la provincia Paranaense se han realizado relevamientos de vegetación y flora de importancia melífera (MIRANDA *et al.* 2006, 2007, 2010, 2012, MULLER 2014). Sin embargo todavía son escasos los estudios polínicos (PAREDES *et al.* 2007, SALGADO y MIRANDA 2012).

Fitogeográficamente el área de estudio se encuentra comprendida en el distrito de las Selvas Mixtas (CABRERA 1976) en la que se encuentran formas biológicas como árboles, arbustos, lianas, hierbas, palmas y cañas. El clima de la región es subtropical sin estación seca con una temperatura media anual de 21°C, con precipitación acuosa de 1800-2000 mm anuales. El período máximo de heladas es de 123 días (OLINUCK 1995). Misiones es predominantemente foresto-industrial, con especies de origen exótico, *Pinus*, *Eucalyptus*, *Melia*, *Grevillea* (LACLAU 1994). La actividad apícola es dispersa, atomizada, con bajo nivel de tecnificación (MINISTERIO DEL AGRO Y LA PRODUCCIÓN, 2003). En la zona sur se han registrado mayor cantidad de colmenas y mayor tecnología en relación a esta explotación, mientras que en el norte la mayoría de los productores aún trabaja con colmenas rústicas y en forma muy precaria, principalmente aquellos que tienen pocas unidades (MARTIARENA 2005). Relevamientos recientes señalan que la actividad es desarrollada por 1.800 productores con 25.000 colmenas que producen 250.000 Kg de miel al año, las cuales una parte es destinada al consumo familiar y el resto es comercializado en Ferias Francas, en el mercado concentrador de Misiones y/o en cadenas de supermercados provinciales (MINISTERIO DEL AGRO Y LA PRODUCCIÓN 2014).

La riqueza florística, la benignidad climática, el aporte de néctar y polen que ofrecen

las áreas de bosques nativos y el favorable impacto de esta actividad sobre la flora, constituyen una oportunidad productivo-comercial de valor regional/zonal.

En el marco del Congreso Internacional Apícola APIMONDIA 2011, la miel de loro blanco (*Bastardiopsis densiflora* (Hook. & Arn.) Hassl.) fue galardonada por técnicos apícolas nacionales entre las 10 mejores del país (consultado en WWW.NEARURAL.COM, el 04/11/2011). Estos logros hablan de la potencialidad de la región para producir mieles diferenciales por origen botánico-geográfico”.

Esta contribución tiene por objetivo dar a conocer el contenido polínico de las mieles producidas en el noroeste de Misiones.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se analizaron 19 muestras de miel de la cosecha de verano de 2009-2010, 2011-2012 y 2013, procedentes de 9 apiarios localizados en los siguientes departamentos: Montecarlo (Puerto Montecarlo, Centro, Colonia Laharrague, Colonia Itacuruzú), Eldorado (Santiago de Liniers), San Ignacio (Jardín América) y Guaraní (San Vicente) (Anexo 1). Las colmenas se hallaban ubicadas en zona de monte nativo, o cerca de bosque implantado, o en campo de pastoreo lindante con viviendas que poseen cultivos hortícolas y plantaciones de yerba mate y *Eucalyptus*. Las muestras de miel operculada extraída por centrifugación fueron procesadas mediante la técnica de LOUVEAUX *et al.* (1978). Con los residuos polínicos obtenidos se realizaron preparaciones permanentes para su análisis cualitativo al microscopio óptico (Leica CME). Por otra parte se realizaron preparaciones temporarias, se realizó una suspensión en alcohol 70 se colocaron sobre soportes con papel metálico, secados a temperatura ambiente y luego metalizadas con oro para su observación al microscopio electrónico de barrido (Jeol 5800LV).

La identificación de los tipos de polen se llevó a cabo por comparación con preparaciones de referencia que forman parte de la Palinoteca de Misiones (PAL-MIS) y/o utilizando el Atlas palinológico del Nordeste Argentino, Partes 1, 2 y 3 (PIRE *et al.* 1998, 2001, 2006) y el Atlas Palinológico de Argentina (MARKAGRAF y D'ANTONI 1978). Se obtuvieron fotos con los microscopios óptico (MO) y electrónico de barrido (MEB).

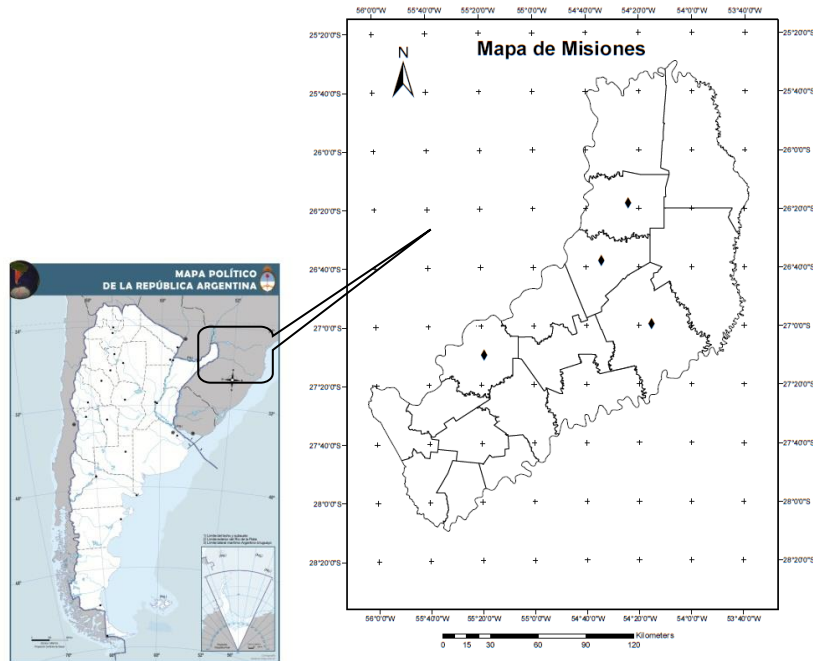


Figura 1. Ubicación geográfica de los departamentos de los cuales se analizaron muestras de miel.
Figure 1. Geographical location of the departments from where honey samples were analyzed

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A partir del análisis de las muestras de miel obtenidas se describieron e identificaron 58 tipos polínicos, pertenecientes a 29 familias de Angiospermas. Fue posible determinar a nivel de especie 22 taxa lo que representa un 37%, a nivel de género 7 taxa (12%), a nivel de familia 2 taxa (5%), 16 taxa se describieron como tipo-polínico (27%) y 11 taxa no pudieron ser identificados y quedaron en la categoría de indeterminados (19%) (Gráfico 1).

Respecto de la frecuencia de aparición, los taxa más importantes como potencial recurso nectarífero para la elaboración de estas mieles son: *Ilex paraguariensis*. (Aquifoliaceae) y *Parapiptadenia rigida* (Fabaceae) que están presentes en el 68% de las muestras analizadas, *Syagrus romanzoffiana* (Arecaceae) presente en el 63%, *Hovenia dulcis* (Rhamnaceae) en un 58%, la presencia de Asteraceae es significativa (Tipo Senecio en un 53%, Tipo Vernonia en un 47% y Tipo Baccharis en un 37%), *Eugenia uniflora* (Myrtaceae) y *Citrus* sp. (Rutaceae) aparecen en un 37% de las muestras de miel. Estos datos en algunos taxones son coincidentes con espectros polínicos del estado de Paraná, Brasil (BARTH 2004) (Tabla 1).

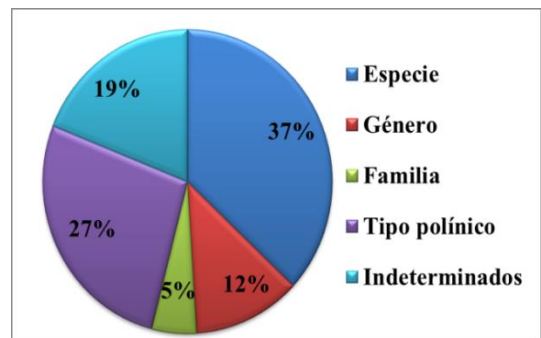
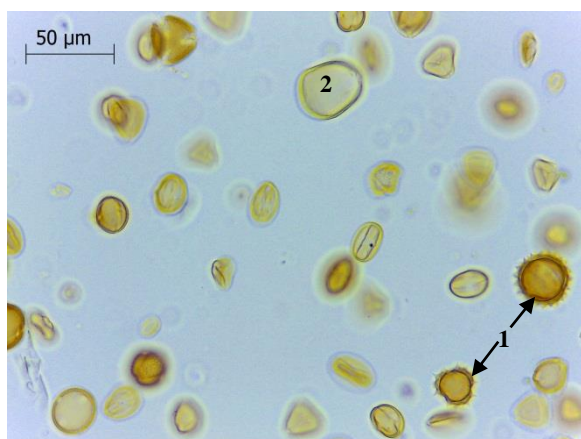


Gráfico 1. Porcentajes alcanzados para cada nivel de identificación.
Graph 1. Percentages achieved for each level of identification.



1: Asteraceae. 2: Palmae.

Figura 2. Muestra de miel vista a 40x.
Figure 2. Honey sample seen at 40x.

Tabla 1. Frecuencia de aparición de especies en las muestras de mieles analizadas.
Table 1. Frequency of occurrence of species in the honey samples analyzed.

| Muy frecuente más del 45% | |
|--|----|
| <i>Ilex</i> sp | 74 |
| <i>Parapiptadenia rigida</i> (Benth.) Brenan | 68 |
| <i>Arecastrum romanzoffianum</i> (Cham.) Becc. | 63 |
| <i>Hovenia dulcis</i> Thunb. | 58 |
| Tipo Senecio | 53 |
| Tipo Vernonia | 47 |

| Frecuente del 16 - 45% | |
|---------------------------------------|----|
| Tipo Morus | 42 |
| Tipo Baccharis | 37 |
| <i>Citrus</i> sp. | 37 |
| <i>Eugenia uniflora</i> L. | 37 |
| <i>Myrcianthes</i> sp. | 32 |
| Tipo Sapium | 26 |
| <i>Chenopodium_Amaranthus</i> | 26 |
| Tipo Trifolium | 26 |
| <i>Gouania ulmifolia</i> Hook. & Arn. | 26 |
| <i>Fagara</i> sp. | 26 |
| <i>Matayba elaeagnoides</i> Radlk | 26 |
| Tipo Ammi | 26 |
| <i>Schinus terebinthifolius</i> Raddi | 26 |

Continuación Tabla 1

| | |
|---|----|
| <i>Cecropia pachystachya</i> Trécul | 26 |
| <i>Taraxacum</i> sp. | 21 |
| <i>Lonchocarpus campestris</i> Mart. ex Benth. | 21 |
| <i>Bastardiopsis densiflora</i> (Hook. & Arn.) Hassl. | 21 |
| <i>Eucalyptus</i> sp. | 21 |
| <i>Pisonia zapallo</i> Griseb. | 21 |
| Poaceae | 21 |
| <i>Chrysophyllum gonocarpum</i> (Mart. & Eichler) Engl. | 21 |
| <i>Bauhinia forficata</i> Link | 21 |
| <i>Pyrostegia venusta</i> (Ker Gawl.) Miers | 16 |
| <i>Albizia niopoides</i> (Spruce ex Benth.) Burkart | 16 |
| <i>Zea mays</i> L. | 16 |

| Raro del 3 - 15% | |
|---|----|
| <i>Ceiba speciosa</i> (A. St. Hil.) Ravenna | 11 |
| <i>Ligustrum lucidum</i> W.T. Aiton | 11 |
| <i>Allophylus edulis</i> (A. St.-Hil., A. Juss. & Cambess.) Hieron. ex Niederl. | 11 |
| <i>Datura ferox</i> L. | 11 |
| Tipo Croton | 11 |
| Tipo Iresine | 11 |
| <i>Helianthus annuus</i> L. | 11 |
| Tipo Tabebuia | 11 |
| Tipo Prunus | 11 |
| Tipo Brassica | 11 |
| <i>Aloysia</i> sp. | 11 |
| <i>Echium plantagineum</i> L. | 5 |
| Tipo Celtis | 5 |
| <i>Commelina erecta</i> L. | 5 |
| Tipo Parkinsonia | 5 |
| <i>Vicia</i> sp. | 5 |
| Tipo Solanum | 5 |

CONCLUSIONES

Después del análisis cualitativo de las muestras de miel, podemos realizar inferencias respecto del:

Origen botánico. El espectro polínico muestra que las abejas tienen actividad de pecoreo sobre una importante amplitud de especies botánicas, sin embargo se registra mayor diversidad

de especies en las familias: Fabáceas 10%, Asteráceas 8% y Mirtáceas 5%.

Origen geográfico. La presencia de especies características de la flora Paranaense pueden ser de gran utilidad para definir el origen geográfico de las mieles, tales como *Ilex paraguariensis* (Aquifoliáceas) que se presenta con alta frecuencia de aparición 74% de las muestras analizadas, *Parapiptadenia rigida* con un 68%, *Syagrus romanzoffiana* 63%. Por otro lado registra un 21% de aparición en las mieles de las especies *Bauhinia forficata* (Fabaceae), citada por primera vez para mieles argentinas y *Bastardiopsis densiflora* (Malvaceae), componentes característicos de la selva misionera.

BIBLIOGRAFÍA

- ANDRADA, A.; Valle, A.; Aramayo, E.; Lamberto, S. 1998. Espectro polínico de las mieles de la región de Bahía Blanca, Provincia de Buenos Aires, Argentina. *Polen* 9: 75-84
- BARTH, M. 2004. Melissopalynology in Brasil. *Sci. Agric. (Piracicaba Braz.)*, V.61, n. 3, p.342-350
- BASILIO A.; Romero, E. 1996. Contenido polínico de las mieles de la región del Delta del Paraná (Argentina) *Darwiniana* 34 (1-4):113-120
- CABRERA, A. 1976. Territorios fitogeográficos de la República Argentina. *Enciclopedia Argentina de Agricultura y Jardinería: 2-85* Acme. Buenos Aires. Segunda Edición.
- CABRERA, M. 2006. Caracterización polínica de las mieles de la provincia de Formosa *Rev. Mus. Argentino Ciencias Naturales n. s* 8(2):135-142. Buenos Aires.
- CABRERA, M.; Galléz, L.; Andrada, A. 2011. Aporte de especies leñosas nativas y color de las mieles del este de la provincia de Formosa, (Argentina). *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica* 46 (Suplemento):250. XXXIII. Jornadas Argentinas de Botánica.
- FAGÚNDEZ, G. 2003. Diagnóstico polínico de especies características de mieles de isla de la provincia de Entre Ríos, Argentina. *Rev. Mus. Argentino Cienc. Nat* 5(2):351-361.
- FAGÚNDEZ, G.; Caccavari, M. 2003. Caracterización polínica y organoléptica de algunas mieles monofloras del centro de la provincia de Entre Ríos, Argentina. *Polen* 12: 77-95.
- FAGÚNDEZ, G.; Caccavari, M. 2006. Pollen analysis of honeys the central zone of the Argentine province of Entre Ríos. *Grana* 45: 305-320.
- GURINI, L.; Basilio, A. 1995. Flora apícola en el Delta del Paraná. *Darwiniana* 33:337-346.
- LACLAU, P. 1994. La conservación de los recursos naturales y el hombre en la Selva Paranaense. *Fundación Vida Silvestre, Boletín Técnico* N° 20. 139 pp.
- LOUVEAUX, J.; Maurizio, A.; Vorwoh, G. 1978. *Methods of Melissopalynology* International Commission for Bee Botany of IUBS. *Bee World* 59:139-157.
- MAIDANA, J. 1976. Determinación de la flora melífera del departamento Capital de la Provincia de Corrientes. Trabajo de Graduación. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional del Nordeste. Inédito.
- MARKGRAF, V.; D'Antoni, H. 1978. *Pollen Flora of Argentina*. The University of Arizona Press. Tucson. Arizona
- MARTIARENA, A. 2005. Inédito. Apicultura una actividad que requiere el apoyo técnico en Misiones. INTA-EEAM Montecarlo. Misiones. Argentina.
- MINISTERIO del Agro y la Producción (2014). Informe Técnico, Inédito. Iniciativa de Desarrollo de Cluster Apícola de Misiones.
- MINISTERIO del Agro y la Producción (2003). Informe Técnico, Programa Apícola Provincial, Propóleos y Mieles Misioneras. Gobierno de la Provincia de Misiones.
- MIRANDA, D.; Keller, H.; Insaurralde, C.; 2006. Potencial Florístico apícola en una zona de apiario, Colonia Laharrague, Misiones, Argentina. Resúmenes. XIII Simposio Argentino de Paleobotánica y Palinología. Bahía Blanca. Argentina.
- MIRANDA, D.; Insaurralde, C.; Silva, F.; Keller, H., Ares, J. 2007. Importancia apícola de las especies leñosas de la provincia de Misiones. Resúmenes. XXXI Jornadas Argentinas de Botánica. 1er. Simposio Argentino de Melisopalinología. Corrientes. Argentina.
- MIRANDA, D.; Insaurralde, C.; Silva, F.; Keller, H. 2010. Flora apícola en Colonia Laharrague, Misiones, Argentina. *Yvyrareta* 17:43-50-Instituto Subtropical de Investigaciones Forestales. Facultad de Ciencias Forestales. Universidad Nacional de Misiones.

- MIRANDA, D.; Keller, H.; Amarilla, W.; Ritter, L.; Inzaurrealde, C. 2012 Recursos apibotánicos en zona de apiarios, Misiones, Argentina. 15as. Jornadas Técnicas Forestales y Ambientales-FCF-UNaM-EEA INTA Montecarlo. ACTAS CD ISSN 16685385.
- MÜLLER, P; Miranda, D; Aquino, D. 2014. Dinámica de floración de interés apícola. Libro de resúmenes. XI Congreso Latinoamericano de Apicultura. Federación Latinoamericana de Apicultura: 124pp
- OLINUCK, J.A. 1995. El clima de la Localidad de Montecarlo. Periodo 1964-1993. Estación Experimental Agropecuaria Cerro Azul. Misiones. Informe Técnico N° 62.
- PAREDES, A.M.; Sosa, R.; Valdez, E.; Surkan, S. 2007. Evaluación diagnóstica de mieles de distintas zonas apícolas de Misiones VI. Jornadas Científico Tecnológicas. Facultad de Ciencias Exactas Químicas y Naturales. UNaM: 317-320. Editorial Universitaria. Posadas. (www.alimentosargentinos.gob.ar)
- PIRE, S.M.; Anzotegui, L. M.; Cuadrado, G.A. (EDS) 1998. Flora polínica del nordeste argentino Vol I: Fam. Amaranthaceae, Aquifoliaceae, Araliaceae Brassicaceae, Buddlejaceae, Chenopodiaceae, Myrtaceae, Polygalaceae, Ranunculaceae, Sapindaceae, Sapotaceae, Solanaceae. Editorial Universitaria de la Universidad Nacional del Nordeste. Corrientes.
- PIRE, S.M.; Anzotegui, L.M.; Cuadrado, G.A. (EDS) 2001. Flora polínica del nordeste argentino Vol II: Fam. Anacardiaceae, Apocynaceae, Basellaceae Berberidaceae, Celastraceae, Celtidaceae, Fabaceae, Lamiaceae, Meliaceae, Rhamnaceae, Simaroubaceae, Solanaceae. Ulmaceae, Vitaceae, Zygophyllaceae. Editorial Universitaria de la Universidad Nacional del Nordeste. Corrientes.
- PIRE, S.M.; Anzotegui, L.M.; Cuadrado, G.A. (EDS) 2006. Flora polínica del nordeste argentino Vol II: Fam. Acanthaceae, Annonaceae, Combretaceae, Erythroxylaceae, Fabaceae, Gentianaceae, Lorantaceae, Malpighiaceae, Malvaceae, Martyniaceae, Menyanthaceae, Rhamnaceae, Solanaceae. Tiliaceae, Vivianaceae. Editorial Universitaria de la Universidad Nacional del Nordeste. Corrientes.
- SALGADO, C. 2006. Flora Melífera en la provincia del Chaco. Ministerio de la Producción del Chaco.
- SALGADO, C.; PIRE, S.M. 1998. Análisis polínico de mieles del Noroeste de la provincia de Corrientes (Argentina). *Darwiniana* 36 (1-4) pp: 87-93.
- SALGADO, C.; PIRE, S.M. 1999. Contribución al conocimiento del contenido polínico de mieles de Corrientes (Argentina). *Ameghiniana*, A.P.A. publicación especial 6: 95-99.
- SALGADO, C.; Miranda, D. 2012. Especies de importancia melífera en la provincia de Misiones (Argentina): estudio palinológico. Resúmenes II Simposio Argentino de Melisopalinología. Corrientes Argentina.
- TELLERIA, M. 1992. Caracterización botánica y geográfica de las mieles de la Provincia Fitogeográfica Pampeana (República Argentina) I: Distrito Oriental. *Darwiniana* 31:345-350
- TELLERIA, M. 1995. El polen de las mieles del Noroeste de la provincia de Buenos Aires, Argentina. *Darwiniana* 33(1-4):347-364

COMPORTAMIENTO DENDROMÉTRICO DE *Grevillea robusta* A. IMPLANTADA A DISTINTAS DENSIDADES INICIALES EN MISIONES, ARGENTINA

DENDROMETRIC BEHAVIOUR OF *Grevillea robusta* A.
AT ESTABLISHED AT DIFFERENT INITIAL PLANT
DENSITIES IN MISIONES, ARGENTINA

Fecha de recepción: 15/10/2015 //Fecha de aceptación: 17/12/2015

Sara Barth

INTA EEA Montecarlo
/ FCF-UNaM.
barth.sara@inta.gob.ar

Ana María Giménez

FCF-UNSE.
amig@unse.edu.ar

María Jacqueline

Joseau
FCA-UNC. Contacto:
jajoseau@agro.unc.edu.ar

María Elena Gauchat

Hugo Fassola
Ernesto Crechi

INTA EEA Montecarlo.
fassola.hugo@inta.gob.ar;
gauchat.maria@inta.gob.ar
crechi.ernesto@inta.gob.ar

RESUMEN

El presente trabajo tuvo como objetivo evaluar el comportamiento de *Grevillea robusta* ante diferentes espaciamientos. Se evaluaron densidades de plantación de 162 a 1500 árboles por hectárea en un ensayo instalado en Posadas, Misiones, Argentina. Para ello, se realizaron mediciones periódicas de las parcelas a través de 18 años tomando datos de dap y altura, a partir de los cuales se analizaron, a lo largo del tiempo y al momento de la corta final, variables de obtención indirecta como área basal / ha y volumen / ha. Los resultados evidenciaron que la densidad inicial de plantación influyó la tendencia en crecimiento en dap, área basal /ha y volumen /ha, teniendo un efecto menos significativo sobre la altura total. Menores densidades de plantación presentaron mayores diámetros pero en las mayores densidades de plantación ocurrió la mayor acumulación de área basal y volumen /ha. En la mayor densidad de plantación el dap fue un 39

SUMMARY

This work was aimed to assess the behaviour of *Grevillea robusta* at different spacings. A test site in Posadas, province of Misiones, Argentina was used to test plantation densities ranging from 162 to 1500 trees per hectare. To that effect, regular measurements of the plots were carried out over 18 years, taking dbh and height data, which were then used to analyze throughout the time and at the time of the clear cut, variables obtained indirectly, such as basal area/ha and volume/ha. Results show that initial plantation density has an impact on the growth trend in dbh, basal area/ha and volume/ha, with a less significant effect on total height. Lower plantation densities show greater diameters, but the highest densities of plantations show the highest accumulation of basal area and volume/ha. In the largest planting density the dbh was 39% lower than the lower density, that difference was of 12% and 22% regarding the two intermediate densities respectively.

% menor que en la menor densidad, dicha diferencia fue de 12 % y 22 % respecto a las dos densidades intermedias respectivamente. En área basal, entre las dos mayores densidades de plantación existe una diferencia de tan solo 5 % y respecto a las dos densidades intermedias respectivamente. En área basal, entre las dos mayores densidades de plantación existe una diferencia de tan solo 5 % y entre éstas y las dos menores de 46 % y 68 %, respectivamente. En cuanto al volumen con corteza por hectárea, la diferencia entre las dos mayores densidades de plantación y las dos menores fue de 56 %.

Palabras clave: Manejo forestal, altura, dap, área basal, volumen, crecimiento y producción

In basal area, the difference between the two greatest planting densities is only 5%, and between those and the two lowest densities is 46 % and 68 %, respectively. Regarding the volume with bark per hectare, the difference between the two largest planting densities and the two lowest was 56%.

Keywords: Forest management, height, dbh, basal area, volume, growth

INTRODUCCIÓN

Grevillea robusta es utilizada en forestaciones comerciales en el nordeste y noroeste argentino. Según datos provenientes de SIFIP (2013) y de la Dirección de Recursos Forestales de Corrientes (2013) la Región Misiones y N de Corrientes cuentan en conjunto con 3000 hectáreas implantadas de *Grevillea robusta*, conocida además como roble sedoso o grevillea. Si bien la especie es implantada como acompañante a cultivos agrícolas en Kenia, Ruanda, Burundi, Brasil y Argentina, se desconoce su comportamiento frente a manejo forestal intensivo (Lott *et al.*, 2000; Roose y Ndayizigiye, 1997; Akyeampong *et al.*, 2000; Baggio *et al.*, 1997).

El largo plazo de la actividad forestal incrementa la complejidad en la toma de decisiones de manejo de la masa arbórea. Surge así la necesidad de conocer cómo modificar la producción física que provee la plantación para al mismo tiempo acrecentar su valor comercial. El producir madera de calidad en un marco de Manejo Forestal Sustentable es de importancia estratégica para el sector foresto-industrial. En consonancia con ello se busca incorporar nuevas alternativas de cultivo a través de especies no tradicionales pero con potencialidad en la región. La elección de *Grevillea robusta* como una alternativa productiva por parte de las empresas se debe a su crecimiento relativamente rápido (en comparación al de otras especies cultivadas en la región), la adaptación a condiciones edafo-climáticas y a la presión para el cese del aprovechamiento del bosque nativo (Fassola *et al.*, 2004; Esquivel, *et al.*, 2010). En función a lo expuesto y tomando en cuenta la necesidad de incrementar el conocimiento disponible sobre el potencial de cultivo de *Grevillea robusta*, el presente trabajo buscó estudiar el efecto de la densidad de plantación en la evolución de las distintas variables dendrométricas de interés para el ordenador forestal.

La producción de una población forestal es influenciada por factores como el material genético empleado, factores edafo-climáticos y topográficos, representados en el concepto de "calidad de sitio", la densidad inicial de plantación y los distintos tratamientos silvícolas implementados (limpieza, raleos, poda, fertilización. (Crechi, E.1996). Según Daniel *et al.* (1982) entre ellos, la densidad de plantación es el segundo factor en importancia, después de la calidad de sitio, en la determinación de la productividad de un rodal. Este hecho es también reconocido por Jobet (1999). El espaciamiento es uno de los principales factores que el productor forestal puede manejar en el desarrollo de su plantación. La densidad de plantación presenta un efecto significativo en el crecimiento de la masa forestal (Bailey, 1986; INFOR, 1995). Trabajando con *Eucalyptus sp.*, Montagu *et al.* (2003) destacan que la densidad de la plantación y el ritmo de crecimiento de las plantas son los principales condicionantes que determinan el momento de cierre del dosel arbóreo. A su vez, Martínez *et al.* (2006) señalan que la elección de la densidad de plantación adecuada influye en el crecimiento y condiciona las tareas de mantenimiento y aprovechamiento.

Diversos autores hacen referencia a que a mayores densidades de plantación ocurre una disminución del diámetro y la altura total en individuos pero dándose un aumento de área basal y volumen total por hectárea. Este comportamiento fue observado en *Eucalyptus sp* (Schönau y Coetzee, 1989; Bernardo *et al.*, 1998) más específicamente en *E. camaldulensis* y *E. tereticornis* (Mushove, 1991), *E. grandis* (Coetzee, 1991; Dalla-Tea, 1995 y Crechi *et al.*, 2003), *E. nitens* (Neilsen y Gerrand, 1999) y *E. globulus* (Madrigal *et al.*, 1999; Pinilla Suárez y Ulloa, 2001 y Guerra-Bugueño, 2013). También arribaron a las mismas conclusiones Sharma *et al.* (2002) y Pezzutti (2011) para *Pinus taeda*.

El conocimiento del desempeño de la especie en cuanto a acumulación de biomasa y sus

vinculaciones al crecimiento y a la calidad de madera obtenida, es una herramienta fundamental para la toma de decisiones. Los objetivos planteados en el presente trabajo fueron: a) realizar un análisis comparativo de crecimiento y producción de *Grevillea robusta* a diferentes densidades iniciales de plantación, b) desarrollar modelos que permitan estimar la producción presente y futura en área basal y volumen con corteza por hectárea en función a la densidad de plantación.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se trabajó con datos provenientes de un ensayo de densidad de plantación de *Grevillea robusta* instalado en la zona Sur de la provincia de Misiones, Argentina (tabla 1). El mismo contó con mediciones bianuales por un lapso de 18 años. La plantación fue realizada en el año 1994 por INTA en campos de la empresa Danzer Forestaciones S.A., actualmente perteneciente a la empresa Garruchos Forestal S. A. (Pomera Maderas). El material genético utilizado es de procedencia local y origen desconocido, cosechado por la EEA INTA Bella Vista, Corrientes.

Según la metodología sugerida por Huxley *et al.* (1984) se trabajó con un diseño sistemático con 4 repeticiones (pseudoréplicas) de 4 por 4 filas con dos filas de bordura perimetral. Para atender el efecto de las pseudoréplicas (no independencia de datos) los análisis se realizaron por regresión a través de modelos lineales generalizados (Hurlbert, 1984). Todos los tratamientos sufrieron 4 podas con remoción del 30 % de la copa viva en cada uno de ellos, hasta llegar a una altura de base de copa verde de 4,5 metros en los tratamientos menos densos y cercana a los 5,2 metros en las mayores densidades. Las podas se realizaron anualmente desde los 3 hasta los 6 años de edad (Fassola *et al.*, 2004).

En el inventario de las parcelas de ensayo se consideraron las mediciones de diámetro a altura de pecho (dap) y altura total. A partir de la información obtenida se analizó el efecto de la densidad inicial de plantación sobre el diámetro (cm) y altura media (m) de *Grevillea robusta*. A modo de caracterizar el desempeño del dap en función a la densidad de plantación se ajustó la función de probabilidad acumulada en base al modelo de Weibull (Soarez, T. S., 2006). Al ser área basal (m²/ha) y volumen (m³/ha) variables derivadas de interés para el manejo de rodales forestales se procedió al cálculo de las mismas a fin de realizar un análisis comparativo según tratamiento. Dichas comparaciones fueron realizadas a través del empleo de modelos mixtos trabajando con el software InfoStat (2014). Con motivo de evaluar la competencia entre densidades de plantación como explicación a algunas

respuestas halladas, se calculó el factor de espaciamiento relativo (Wilson, 1946). Para ello se empleó la expresión:

$$FE (\%) = \frac{FE (\%)}{(\sqrt{10000/N}/\text{altura dominante} * 100)}$$

Donde: FE es el factor de espaciamiento y N el número de árboles por hectárea.

En paralelo se ajustaron modelos de crecimiento en dap y altura total a fin de evaluar diferencias de comportamiento entre las distintas densidades de plantación. Se evaluaron los modelos de Chapman-Richards, Gompertz y Monomolecular (Fassola *et al.*, 2004), eligiéndose el de mejor performance a través del valor de Akaike (AIC). Corroborada la existencia de diferencias estadísticas significativas entre tratamientos mediante la comparación de funciones de crecimiento a través de modelos lineales generalizados, se procedió al ajuste de modelos matemáticos de predicción de área basal y volumen mediante una adaptación de los modelos compatibles de crecimiento y producción de Sullivan y Clutter (1972). En la adaptación de estos modelos se consideraron como variables predictoras a aquellas que estuvieran vinculadas a la densidad de plantación a fin de su aplicabilidad en todo el rango de densidades consideradas.

A los fines de comprobar la veracidad de los modelos elegidos se verificó la bondad del ajuste contra sus propios datos. Para ello se efectuó el test de regresión lineal entre valores de biomasa observados y predichos. En este test, si el modelo es bueno, la regresión coincide con la bisectriz del primer cuadrante, contrastándose mediante la prueba de F, con nivel de significancia del 5 %, la hipótesis nula de que el intercepto es = 0 y la pendiente = 1 en forma simultánea (Huang *et al.*, 2003). Posteriormente se validó el modelo contra datos disponibles de una muestra independiente proveniente de un ensayo de intensidad y oportunidad de raleo de 16 años de mediciones sucesivas (Crechi *et al.*, 2008). A fin de la comparabilidad de las situaciones se consideraron los valores provenientes del tratamiento testigo, sin raleo. Para este último procedimiento el error se calculó como ((valor observado – valor estimado) / valor observado)*100.

Tabla 1. Espaciamiento y densidades iniciales de plantación del ensayo de *Grevillea robusta*
Table 1. Spacing and initial planting densities for *Grevillea robusta* trial

| Tratamiento | Espaciamiento (m) | Densidad (árboles/ha) |
|-------------|-------------------|-----------------------|
| 1 | 2,50 x 2,65 | 1500 |
| 2 | 3,70 x 3,60 | 750 |
| 3 | 5,20 x 5,10 | 375 |
| 4 | 7,90 x 7,85 | 162 |

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Altura

Tal lo esperado según antecedentes bibliográficos para distintas especies cultivadas (Schumacher, 1930; Reismann, 1983), la altura de los 100 individuos de mayor diámetro por hectárea no mostró diferencias estadísticamente significativas entre los 375 y los 1500 árboles /ha. Dicha diferencia sí se presentó entre éstas densidades y 162 a/ha (figura 1).

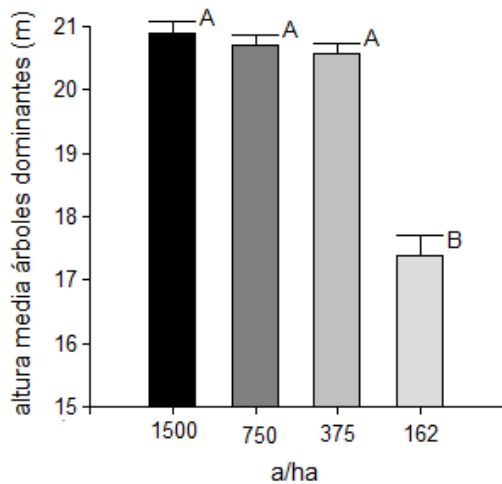


Figura 1. Altura dominante según densidad de plantación en *Grevillea robusta* de 18 años de edad (a/ha: árboles por hectárea)

Figure 1. Dominant height by planting density in 18-years-old *Grevillea robusta* plantation (t/ha: trees per hectare)

La altura dominante es aceptada generalmente como indicadora de la calidad de sitio de una especie forestal porque guarda una estrecha relación con la producción en volumen, dentro de ciertos límites de densidad normales (Reismann, 1983; Patrone, 1963). A 162 a/ha el dosel nunca alcanzó un estado de competición como para procurar altura en busca de luminosidad. Esto hizo

que en ese espaciamento la altura dominante fuera menor, este espaciamento se hallaría fuera del rango citado por Reismann (1983), Assman (1970) y otros investigadores como normal o dentro de los límites del área basimétrica óptima para una determinada área. Por otro lado, al analizar los resultados encontrados en la variable altura media (figura 2), se observaron diferencias en función a la densidad de plantación. A mayores densidades de plantación se da un mayor porcentaje de individuos dominados (Barth *et al.*, 2015), lo que hace que la altura media sea mayor que en el tratamiento de menor densidad. Esto se debe a la competencia desarrollada por la búsqueda de luz, máxime al ser *Grevillea robusta* una especie catalogada como heliófita (Ferreira y Martins, 1998). Un caso particular se dio a 750 a/ha, es la densidad que mejor aprovecha la potencialidad brindada por los recursos disponibles. Podría considerarse que es el punto de inflexión entre un estado de competencia y una adecuada ocupación del sitio.

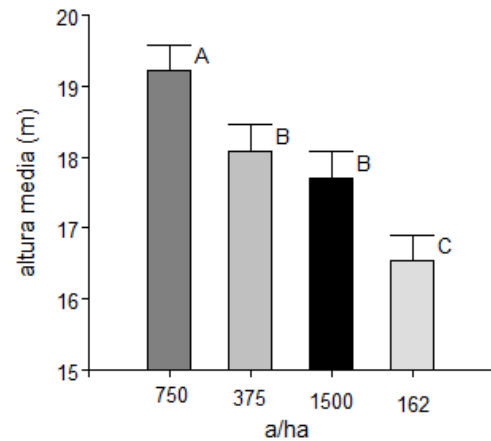


Figura 2. Altura media según densidad de plantación en *Grevillea robusta* de 18 años de edad

Figure 2. Mean height according to planting density in a *Grevillea robusta* plantation of 18 years old

Realizado el análisis de la evolución de altura total del rodal a través del tiempo (figura 3, tabla 2), la tendencia de crecimiento entre las distintas densidades de plantación presentó diferencias estadísticamente significativas.

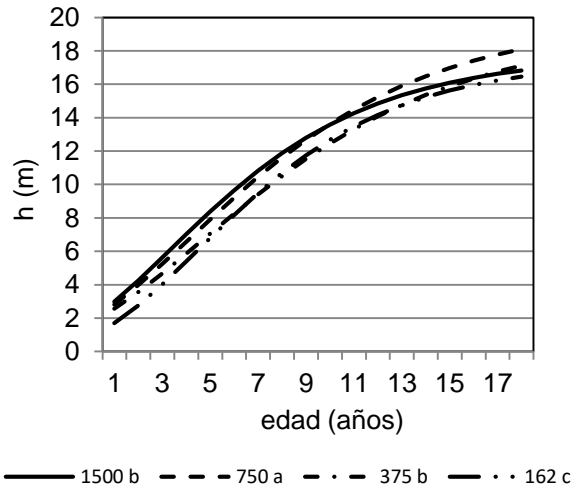


Figura 3. Evolución de altura total según densidad de plantación. (Líneas representadas: Modelo de Chapman-Richards)
Figure 3. Evolution of total height according to planting density. (Represented Lines: Chapman-Richards model)

Tabla 2. Coeficientes y estadísticos de las funciones para altura según el modelo de Chapman-Richards
Table 2. Coefficients and statistics for height equations according to Chapman-Richards model

| Parámetros | árboles por hectárea | | | |
|--|----------------------|-------|-------|-------|
| | 1500 | 750 | 375 | 162 |
| altura = $\alpha \cdot (1 + \beta \cdot \exp(-\gamma \cdot \text{Edad}))^\delta$ | | | | |
| alfa | 17,74 | 19,91 | 19,27 | 17,46 |
| beta | -0,26 | -0,29 | -0,25 | -0,24 |
| gamma | 0,2 | 0,17 | 0,16 | 0,21 |
| delta | 7,45 | 6,97 | 8,42 | 10,74 |

Diámetro

Tal lo esperado, si consideramos el dap con corteza (diámetro a 1,30 m), los tratamientos de menor densidad de plantación superaron en diámetro a los de mayor densidad de plantación (figura 4). *Grevillea robusta* siguió un patrón de comportamiento común a muchas especies implantadas, a mayor espaciamiento, ante una mejor asignación de espacio vital, la ausencia de competencia por luz ya mencionada al considerar la variable altura, permitió la manifestación del máximo potencial de la especie en cuanto a desarrollo diamétrico. Este resultado es explicable con un análisis de lo sucedido mediante el factor de espaciamiento de Wilson, la competencia fue mayor a mayores densidades de plantación. El factor de

espaciamiento fue creciendo de 12,52 % a 17,50 %, 24,86 % y 45,49 %, desde la mayor a la menor densidad de plantación.

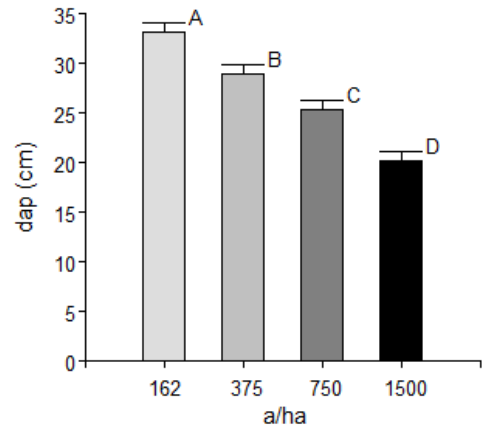


Figura 4. Dap según densidad de plantación en Grevillea robusta de 18 años de edad
Figure 4. Diameter at breast height (dbh) according to planting density in a Grevillea robusta plantation of 18-years-old

El efecto negativo de la competencia en el desarrollo individual de *Grevillea robusta* es también mencionado por Radonski y Ribaski (2010) y Lott *et al.* (2000) estudiando la potencialidad del uso de la especie en sistemas silvopastoriles y agroforestales respectivamente. En coincidencia a lo expresado en el presente estudio, Crechi (1996) analizando el efecto del espaciamiento en *Araucaria angustifolia* y Dalla tea (1995) trabajando con *Eucalyptus grandis*, hacen referencian a que el dap fue afectado por la densidad de plantación. Según Crechi (1996), dicho efecto fue mayor en dap que en altura total.

Evaluando a través de modelos lineales generalizados la evolución del dap de los individuos del rodal en un período de 18 años (figura 5), se comprobó que el crecimiento a diferentes densidades de plantación tuvo diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos. Los coeficientes de las funciones ajustadas para el trazado de la representación gráfica del dap pueden ser visualizados en tabla 3.

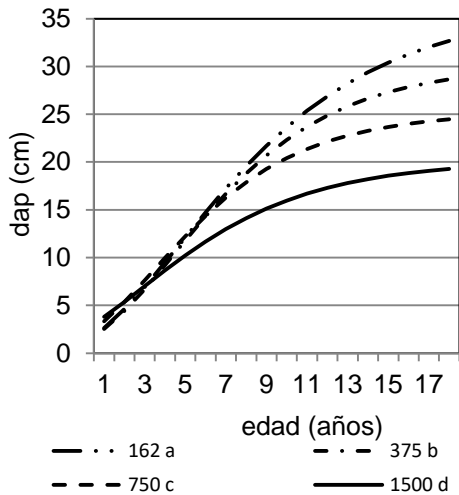


Figura 5. Evolución del dap según densidad de plantación. (Líneas representadas: Modelo de Chapman-Richards)

Figure 5. Evolution of diameter at breast height according to planting density. (Represented Lines: Chapman-Richards model)

Tabla 3. Coeficientes y estadísticos de las funciones para dap según el modelo de Chapman-Richards

Table 3. Coefficients and statistics for dbh functions according to Chapman-Richards model

| Parámetros | árboles por hectárea | | | |
|------------|----------------------|-------|-------|-------|
| | 1500 | 750 | 375 | 162 |
| alfa | 20,1 | 25,22 | 30,14 | 36,3 |
| beta | -0,24 | -0,26 | -0,32 | -0,61 |
| gamma | 0,21 | 0,24 | 0,22 | 0,17 |
| delta | 7,7 | 8,85 | 8,33 | 3,63 |

Distribución diamétrica

A modo de caracterización de la distribución diamétrica del rodal según las distintas densidades iniciales de plantación, se presenta la función de probabilidad acumulada en base al modelo de Weibull (figura 6). Se produjo un desplazamiento de las curvas hacia la derecha, menores densidades de plantación presentaron mayor número de individuos con diámetros superiores a 30 cm.

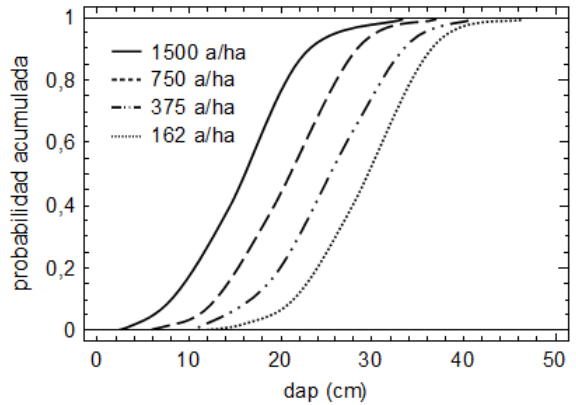


Figura 6. Distribución de probabilidades acumuladas según modelo Weibull para Grevillea robusta de 18 años de edad en función de la densidad de plantación

Figure 6. Cumulative probability distribution according to Weibull model for a Grevillea robusta plantation of 18-years-old depending on planting density

La distribución de frecuencias en base a los datos observados (figura 7) evidencia que a 1500 a/ha el 30 % de los individuos supera los 30 cm de diámetro, con un rango diamétrico de 6 a 33 cm. A 750 a/ha dicha frecuencia asciende a 46 %, con un rango de 8 a 38 cm, a 375 a/ha dichos individuos representan un 68 % con un rango de 12 a 44 cm y a 162 a/ha los individuos de las clases superiores a 30 cm constituyen el 85 %, con un rango de distribución de 12 cm a 46 cm.

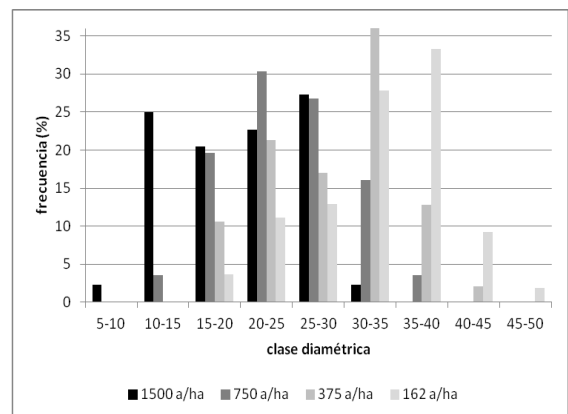


Figura 7. Frecuencia relativa porcentual según clase diamétrica para Grevillea robusta de 18 años de edad

Figure 7. Percentage relative frequency by diameter class for 18-years-old Grevillea robusta plantation

Área basal

Al considerar área basal (G) en m²/ha (sumatoria de áreas transversales a 1,3 m de todos los individuos de una hectárea) la incidencia del número de individuos hace, no obstante la diferencia individual en tamaño, que los tratamientos de mayores densidades de plantación presenten mayor área basal en comparación con los de densidades menores (figura 8). En área basal, la diferencia entre las dos mayores densidades de plantación es de 5 % y entre éstas y las dos menores de 46 % y 68 % respectivamente. Dicho comportamiento se mantiene en la evolución de la masa a lo largo de los años (figura 9 y tabla 4).

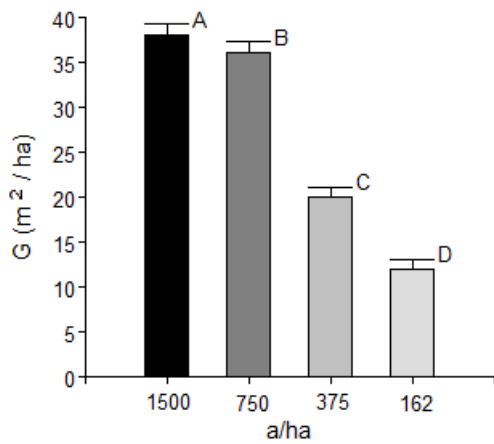
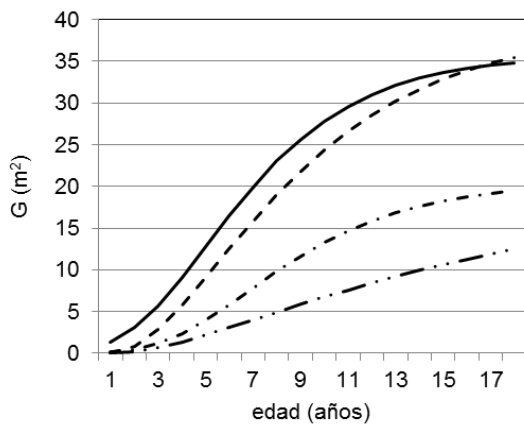


Figura 8. Área basal según densidad de plantación en *Grevillea robusta* de 18 años de edad

Figure 8. Basal area according to planting density in a *Grevillea robusta* plantation of 18-years-old



— 1500 a - - - 750 b ··· 375 c - · - 162 d

Figura 9. Evolución del área basal según densidad de plantación. (Líneas representadas: Modelo de Chapman-Richards)

Figure 9. Evolution of basal area according to planting density. (Represented Lines: Chapman-Richards model)

Tabla 4. Coeficientes y estadísticos de las funciones para área basal según el modelo de Chapman-Richards

Table 4. Coefficients and statistics for basal area functions according to Chapman-Richards model

| Parámetros | árboles por hectárea | | | |
|------------|----------------------|-------|-------|-------|
| | 1500 | 750 | 375 | 162 |
| alfa | 35,76 | 39,00 | 20,55 | 19,19 |
| beta | -0,17 | -1,15 | -0,30 | -1,13 |
| gamma | 0,28 | 0,19 | 0,26 | 0,09 |
| delta | 24,09 | 2,48 | 19,4 | 1,70 |

Volumen individual

El volumen con corteza de árboles individuales fue menor a mayores densidades de plantación (figura 10). A 162 a/ha hay un 24 % más de volumen individual que a 375 a/ha, un 45 % más que a 750 a/ha y un 65 % más que a 1500 a/ha.

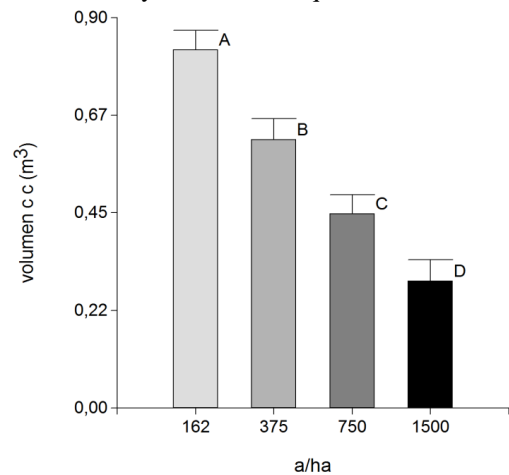


Figura 10. Volumen individual con corteza según densidad de plantación en *Grevillea robusta* de 18 años de edad

Figure 10. Individual volume with bark according to planting density in a *Grevillea robusta* plantation of 18-years-old

Volumen por hectárea

Al considerar la variable volumen con corteza por hectárea (Vcc/ha), los tratamientos de 1500 y 750 a/ha presentan una producción 56 % superior, diferenciándose en forma estadísticamente significativa en relación a los de 375 y 162 a/ha

(figura 11). Esto se debe principalmente al mayor número de individuos, acompañado en menor grado de incidencia por su mayor altura a pesar de su menor dap individual. Este hecho es importante desde el punto de vista del manejo forestal, máxime al ser la especie de potencial interés para emprendimientos agroforestales en los que se requiere un menor número de individuos / ha a fin de evitar competencia de recursos necesarios para la actividad agrícola (Barth *et. al.* 2015). Las diferencias estadísticas entre las distintas densidades de plantación se mantienen a lo largo de todo el ciclo de crecimiento evaluado (figura 12, tabla 5).

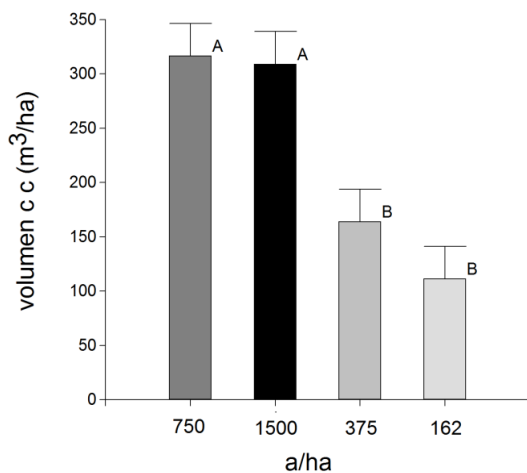


Figura 11. Volumen con corteza por hectárea según densidad de plantación en *Grevillea robusta* de 18 años de edad

Figure 11. Volume with bark per hectare according to planting density in a *Grevillea robusta* plantation of 18-years-old

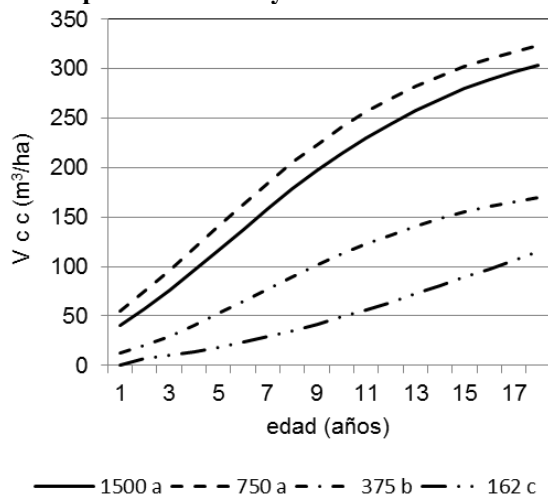


Figura 12. Evolución del volumen total con corteza según densidad de plantación. (Líneas representadas: Modelo de Chapman-Richards)

Figure 12. Evolution of total volume with bark according to planting density. (Represented Lines: Chapman-Richards model)

Tabla 5. Coeficientes y estadísticos de las funciones para volumen total con corteza según el modelo de Chapman-Richards

Table 5. Coefficients and statistics for total volume functions with bark according to Chapman-Richards model

| Parámetros | árboles por hectárea | | | |
|------------|----------------------|-------|--------|--------|
| | 1500 | 750 | 375 | 162 |
| alfa | 345,77 | 357,4 | 195,43 | 306,07 |
| beta | -0,16 | -0,06 | -0,17 | -0,52 |
| gamma | 0,16 | 0,17 | 0,17 | 0,07 |
| delta | 14,55 | 35,86 | 17,46 | 6,14 |

$$\text{área basal} = \text{alfa} * (1 + \text{beta} * \exp(-\text{gamma} * \text{Edad}))^{\text{delta}}$$

En particular, el tratamiento de 750 a/ha presentó una diferente acumulación proporcional de biomasa evidenciado por su mayor índice de área foliar (tabla 6). Esto podría indicar que es el punto de inflexión de la respuesta a los tratamientos considerados

Tabla 6. Índice de área foliar según densidad de plantación en *Grevillea robusta* de 18 años de edad

Table 6. Leaf area index according to planting density in a *Grevillea robusta* plantation of 18-years-old

| Densidad de plantación (a/ha) | Índice de área foliar (m² / m²) |
|-------------------------------|---------------------------------|
| 750 | 3,61 a |
| 162 | 2,59 b |
| 1500 | 2,35 b |
| 375 | 2,31 b |

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

Funciones de producción

Si bien existen diferencias significativas en la evolución en área basal y volumen según la densidad de plantación, fue posible modelar dicha producción en un modelo único, considerando en el ajuste variables vinculadas a dicho comportamiento como ser el número de árboles en el modelo de área basal presente, el cual posteriormente formó parte de los modelos de producción futura en área basal y producción presente y futura en volumen con corteza. Cabe acotar que los modelos obtenidos son de aplicación en la zona y rango de tamaño considerados en su ajuste. Amerita a futuro ampliar la base de datos de modelación a fin de incluir un mayor número de zonas dentro de la región.

4

Los modelos ajustados fueron:

Modelo de producción presente en área basal (m²/ha)

$$G1 = \exp(-2,81236 - 7,80236 * 1/edad\ 1 + 0,815543 * \ln(N) + 0,439135 * \ln(dap))$$

Siendo R² = 97,97 % y Sxy = 0,15. Dónde, G1 es el área basal presente y N hace referencia al número de individuos por hectárea.

Modelo de producción futura en área basal (m²/ha)

$$G2 = \exp(-0,458853 + 1,15089 * (edad\ 1 / edad\ 2) * \ln(G1) + 6,3917 * (1 - (edad\ 1 / edad\ 2)) - 0,152583 * altura * (1 - (edad\ 1 / edad\ 2)))$$

Siendo R² = 98,25 % y Sxy = 0,11. Dónde, G2 es el área basal futura, edad 1 es la edad actual y edad 2 se refiere a la edad futura a la que le interesa predecir el área basal.

Modelo de producción presente en volumen con corteza (m³/ha)

$$V\ cc\ 1 = \text{Exp}(1,54344 + 8,10178 * (1/edad\ 1) + 1,2123 * \ln(G1) - 0,649005 * (altura / edad\ 1))$$

Siendo R² = 96,41 % y Sxy = 0,15. Dónde, V cc 1 es el volumen presente con corteza.

Modelo de producción futura en volumen con corteza (m³/ha)

$$V\ cc\ 2 = \text{Exp}(0,788754 + 8,43366 * 1/edad\ 2 + 1,1771 * (edad\ 1/edad\ 2) * \ln(G1) + 0,370728 * (1 - (edad\ 1/edad\ 2)) * altura)$$

Siendo R² = 95,54 % y Sxy = 0,18. Dónde, V cc 2 es el volumen futuro con corteza.

Calculado el error de ajuste de los modelos (contrastando contra sus propios datos) se concluye que su comportamiento es aceptable, las pendientes de las rectas ajustadas entre valores observados y predichos son cercanas a 1 (figura 13).

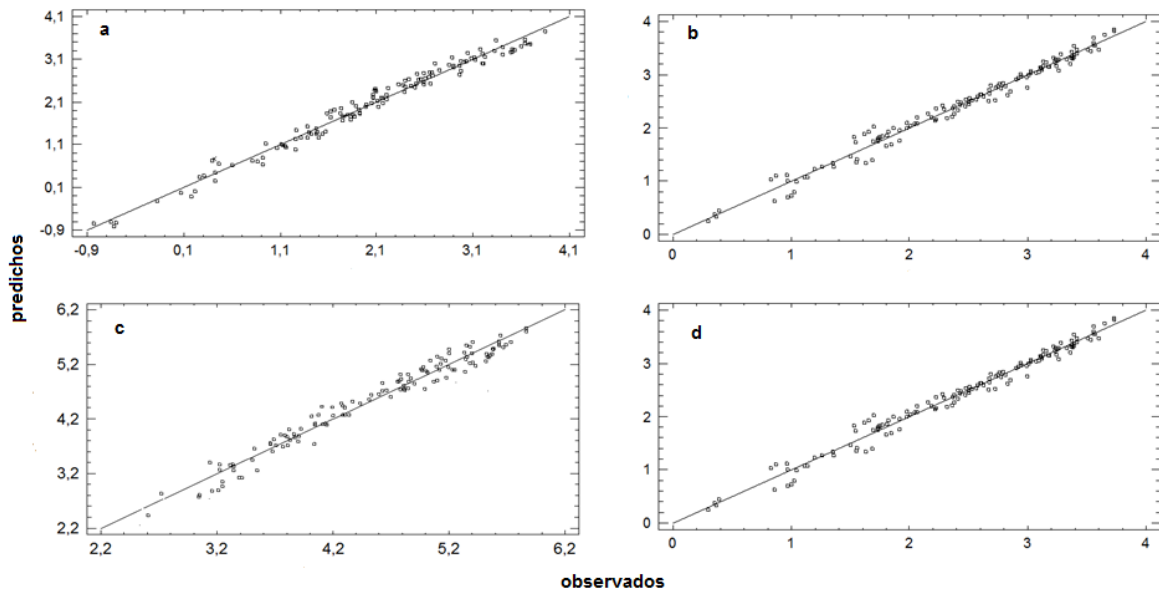


Figura 13. Valores observados versus predichos, modelos de producción de *Grevillea robusta*. 13 a: área basal presente, 13 b: área basal futura, 13 c: volumen presente, 13 d: volumen futuro
 Figure 13. Observed values versus predicted ones for *Grevillea robusta* production models. 13 a: current basal area, 13 b: future basal area, 13 c: current volume, 13 d: future volume

Validados los modelos ajustados contra la muestra independiente, área basal presente (G1) presentó un error promedio de 7 %; área basal futura (G2), 14 %; volumen presente (V cc 1), 14 % y volumen futuro (V cc 2), 5 %.

CONCLUSIONES

En función de los resultados obtenidos, de las consideraciones expuestas y bajo las condiciones en las que se realizó el presente estudio, se puede concluir que:

La altura dominante no es influenciada por la densidad de plantación, con la excepción de la densidad de 162 a/ha, en la que nunca se presentó competencia por luz entre árboles de la misma especie, recurso de suma importancia al ser *Grevillea robusta* una especie considerada heliófita.

La densidad de 162 a/ha se encuentra fuera del rango de ocupación de sitio considerado como normal, o dentro de los límites del área basimétrica óptima, para una masa forestal pura.

Las variables dap, altura media, volumen individual y área basal y volumen por hectárea son influenciados por la densidad inicial de plantación.

Menores densidades de plantación presentaron mayor dap y menor altura media, así como mayor volumen individual.

Mayores densidades de plantación presentaron mayor área basal y volumen por hectárea pero con producto de menores dimensiones.

Cuanto mayor sea el diámetro objetivo de la producción menor deberá ser la densidad inicial de plantación o en su defecto se hará indispensable la realización de raleos intermedios.

Si se prioriza la maximización del volumen, esto se logrará a altas densidades de plantación, debiendo analizarse los riesgos de esta decisión en vistas al uso dado a la especie, madera para aserrado y ebanistería que priorizan calidad y mayores dimensiones. A densidades menores, un porcentaje mayor a 50 % de los individuos superaron los 30 cm de dap a los 18 años de edad.

La función de Chapman- Richards describió adecuadamente la evolución de las variables dap, altura media, área basal y volumen a través de los 18 años considerados.

Los modelos empleados para estimación de producción en área basal y volumen presente y futuro por hectárea tuvieron buen desempeño, con valores de coeficiente de determinación superiores a 95 % en todos los casos, lo que fue corroborado por la validación contra la muestra independiente.

No obstante a lo expresado en el párrafo precedente, no se recomienda el uso de los modelos de producción presentados en edades inferiores a 5 años y fuera de las dimensiones consideradas en este estudio.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece la colaboración del personal de campo de INTA EEA Montecarlo en la persona de los señores Otto Knebel, Lucas Giménez, Diego Aquino y Roberto Kobs.

BIBLIOGRAFIA

AKYEAMPONG, E.; HITIMANA, L.; TORQUEBIAU, E. and MUNYEMANA, P. C. 2000. Multistrata Agroforestry with Beans, Bananas and *Grevillea robusta* in the Highlands of Burundi. *Experimental Agriculture* 35:357-369.

ASSMANN, E. 1970: *The Principles of Forest Yield Study*. Pergamon Press. Oxford. New York. 506 pp.

BAGGIO A. J.; CARAMORI, P. H.; ANDROCIOLI filho, A. y MONTTOYA, L. 1997. Productivity of southern Brazilian coffee plantations shaded by different stockings of *Grevillea robusta*. *Agroforestry Systems*, 37:111-120.

BAILEY, R. 1986. Rotation age and establishment density for planted slash and loblolly pines. *Southern Journal of Applied Forestry*, 10:162-168.

BARTH, S. R.; GIMÉNEZ, A. M.; JOSEAU, M. J.; GAUCHAT, M. E. y FASSOLA, H. E. 2015. Efecto de la densidad de plantación de *Grevillea robusta* A. Cunn. sobre la calidad de la madera en vistas a un uso agroforestal de la especie. Libro de Actas. VIII Congreso Internacional sobre Sistemas Agroforestales para la Producción Pecuaria y Forestal Sostenible. III Congreso Nacional de Sistemas Silvopastoriles. Iguazú. Argentina. P. 243 - 248.

BARTH, S. R.; GIMÉNEZ, A. M.; JOSEAU, M. J.; GAUCHAT, M. E. y VIDELA, D. 2015 (en edición). Influencia de la densidad de plantación y posición sociológica en el rendimiento y la calidad de madera aserrada de *Grevillea Robusta* A. Revista quebracho.

BERNARDO, A.; REIS, M. L.; REIS, G. F.; HARRISON, R. G. and FIRME, D. J. 1998. Effect of spacing on growth and biomass distribution in *Eucalyptus camaldulensis*, *E. pellita*, *E. urophylla* plantations in southeastern Brazil. *Forest Ecology and management*. 104: 1 - 13.

COETZEE, J. 1991. The influence of stand density on the yield of *Eucalyptus grandis*: a comparison between a good site and a poor site at age 4 years. IUFRO Symposium. Intensive

Forestry. The role of Eucalypts. Durban, South Africa, 2-6 de septiembre. Vol. 2. p. 901-916.

CRECHI, E. 1996. Efeitos da densidade da plantação sobre a produção, crescimento e sobrevivencia de *Araucaria angustifolia* (bert.) o. ktze. em Misiones, Argentina. Dissertação apresentada como requisito parcial à obtenção do Título de "Mestre em Ciências Florestais. Universidade Federal do Paraná. Brasil. 195 p.

CRECHI, E.; FERNÁNDEZ R.; FASSOLA, H. y REBORATTI, H. 2003. Efectos de la densidad de plantación sobre el crecimiento y la producción en *Eucalyptus grandis* a la edad de 6 años. En: 10º Jornadas Técnicas Forestales y Ambientales. FCF-INTA. Edorado, Misiones, 25-27/09/03. 12 p.

CRECHI, E.; KELLER, A.; FASSOLA, H.; FERNÁNDEZ, R. y MOSCOVICH, F. 2008. Efectos de la intensidad de raleo sobre la producción en volumen de *Grevillea robusta* A. en el sur de Misiones, Argentina. En: 13º Jornadas Técnicas, Forestales y Ambientales, Eldorado, Misiones, Facultad de Ciencias Forestales-UNaM; EEA Montecarlo-INTA, 11 p.

DALLA TEA, F. 1995. Efecto de la densidad de plantación sobre el crecimiento de *Eucalyptus grandis* en entre Ríos, Argentina. Revista Investigaciones Agropecuarias. Sist. Recursos Forestales. V. 4, nº 1:57 – 71.

DANIEL, P. W.; HELMS, V. E. y BAKER, F. S. 1982. Principios de Silvicultura. México: McGraw Hill. 492 p.

DIRECCIÓN GENERAL DE RECURSOS FORESTALES DE CORRIENTES. Inventario forestal. <http://recursosforestales.corrientes.gob.ar/>. Acceso año 2013.

ESQUIVEL, J.; LACORTE, S.; GOLDFARB, C.; FASSOLA, H.; COLCOMBET, L. y PACHAS, N. 2010. Sistemas silvopastoriles con especies maderables en la República Argentina. Actas VI Congreso Latinoamericano de Agroforestería para la producción Pecuaria Sostenible. Panamá. 68 p.

FASSOLA, H.; MOSCOVICH, F.; DOMEQ, C.; FERRERE, P.; LACORTE, S.; HAMPEL, H.; MALETTI, C. y ALEGRANZA, D. 2004. Regulación de la densidad en rodales de *Grevillea robusta* A. Cunn. para la producción de madera de calidad y forraje en el sur de la provincia de Misiones. INTA. Ediciones RIA, 33 (1):15-38.

FERREIRA, C. A. y MARTINS, E. G. O. 1998. Potencial da grevéia (*Grevillea robusta* A. Cunn.) para reflorestamento. In: GALVÃO, A. P. M.

(Org.). Espécies não tradicionais para plantios com finalidades produtivas e ambientais. Curitiba: Embrapa Florestas, p. 169-178.

GUERRA-BUGUEÑO, E.; CÉLIS-MOSQUEIRA, F. y MORENO-GARCÍA, N. 2013. Efecto de la densidad de plantación en la rentabilidad de plantaciones de *Eucalyptus globulus*. Revista Chapingo. Serie Ciencias Forestales y del Ambiente. Volumen 20. 1:22 – 31.

HURLBERT, S. H. 1984. Pseudoreplication and the design of ecological field experiments. Ecological monographs 54:187-211.

HUXLEY, P. A.; BURLEY, J.; WOOD, P. J. and ROBINSON, P. J. 1984. Methodology for the exploration and assessment of multipurpose trees (MPT'S): section four part 4c tree crop combinations. Nairobi: ICRAF, 1984. 102 p.

HUANG, S.; Yang, Y. and WANG, Y. 2003. A Critical Look at Procedures for Validating Growth and Yield Models. En: Amaro A., Reed D., Soares P. (Eds.) Modelling Forest Systems. CABI-Publishings, Wallingford, p. 271-293.

INFOR (Instituto Forestal). 1995. Primeros resultados en un ensayo de espaciamiento, poda y raleo con *Eucalyptus globulus* en Constitución (VII Región). Santiago, Chile: División Ordenación Forestal e Inventarios.

INFOSTAT. 2014. Software estadístico desarrollado por Grupo InfoStat (Di Rienzo, J. A.; Casanoves, F.; Balzarini, M.G.; Gonzalez L.; Tablada, M. y Robledo C.W.). Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Córdoba. Argentina. URL <http://www.infostat.com.ar>.

JOBET, J. 1999. Efecto del espaciamiento inicial sobre el crecimiento y rendimiento de *Eucalyptus nitens* plantado en suelos de trumao. Silvotecna, 12:80–104.

LOTT, J. E.; HOWARD, S. B.; ONG, C. K. and BLACK, C. R. 2000 a. Long-term productivity of a *Grevillea robusta*-based overstorey agroforestry system in semi-arid Kenya: P. I y II. Tree growth. Forest Ecology and Management 139:187 – 201.

MADRIGAL, A.; ÁLVAREZ GONZÁLEZ, J.G.; RODRÍGUEZ SOALLEIRO R. y ROJO A. 1999. Tablas de producción para los montes españoles. Fundación Conde del Valle de Salazar. 253 p.

MARTÍNEZ, R.; AZPIROZ, H.; RODRÍGUEZ, J.; CETINA, V. and GUTIÉRREZ, M. 2006. Importancia de las plantaciones forestales de

Eucalyptus. Ra Ximhai, 2:815–846. Obtenido de <http://www.revistas.unam.mx/index.php/rxm/article/view/6903>

MONTAGU, K.; KEARNEY, D. and SMITH, G. 2003. Pruning eucalypts: The biology and silviculture of clear wood production in planted eucalypts. Australia: Rural Industries Research and Development Corporation.

MUSHOVE P., 1991. Comparison of three Eucalypt species in Nelder wheel spacing trials on four Zimbabwean sites

NEILSEN, W. A. and GERRAND, A. M. 1999. Growth and branching habit of *Eucalyptus nitens* at different spacings and the effect on final crop selection. Forest Ecology and management. 123: 217 – 229.

PATRONE, G. 1963. Lezioni di dendrometria. Università de Firenze. Italia. P. 339.

PEZZUTTI, Raúl Vicente. 2011. Efeitos biológicos e econômicos de tratamentos silviculturais em plantios de *Pinus taeda* L. no nordeste argentino. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Santa Maria. Brasil. 179 p.

PINILLA SUÁREZ J. y ULLOA I., 2001. Nuevos resultados en un ensayo de espaciamento y raleo con *Eucalyptus globulus* en Constitución (VII Región). IUFRO Conference. CD The Eucalypts of the future, Valdivia, Chile, 10-15 de septiembre.

RADONSKI, M. I. e RIBASKI, J. 2010. Excentricidade da medula em *Grevillea robusta* e *Corymbia citriodora* cultivados em sistema silvipastoril. Colombo: Embrapa Florestas, 6 p. (Embrapa Florestas. Comunicado técnico, 248).

REISMANN, C. B. 1983. Clasificação de sitio para *Araucaria angustifolia*, *Pinus elliottii* e *Pinus taeda* no segundo planalto de Estado de Paraná. Projeto: Fundação da UFPR para o desenvolvimento da Ciencia, da tecnologia e da Cultura. Curitiba. Brasil.

ROOSE E. and NDAYIZIGIYE F. 1997. Agroforestry, water and soil fertility management to fight erosion in tropical mountains of Rwanda. Soil Tech. 11:109-119.

SCHÖNAU, A and COETZEE, J. 1989. Initial spacing, stand density and thinning in Eucalypt plantations. For Ecol Manage 29:245–266.

SCHUMACHER, F. X. 1930. Yield Stands for Douglassfire in California. Agric. Exp. Station. Buletin 491. 41 p.

SHARMA, M.; BURKHART, H. E. and AMATEIS, R. L. 2002. Modeling the effect of density on the growth of Loblolly pine trees. South African Forestry Journal, v. 26. 3:124-133.

SIFIP. 2013. Sistema de información Foresto Industrial de la Provincia de Misiones. Disponible en: <http://extension.facfor.unam.edu.ar/sifip/index.html> . Acceso año 2013.

SOARES, T. S. 2006. Avaliação de modelos de distribuição em povoamentos de Eucalipto não devastados. Tese Doutoral. Universidade federal de Viçosa. Brasil. 75 p.

SULLIVAN, A. D. and CLUTTER, J. L. 1972. A simultaneous growth and yield model for loblolly pine. Forest Science 18 (1):76-86.

WILSON, F. G. 1946. Numerical expression of stocking in terms of height. Journal of Forestry 77(8):483-486.

EL ESPÍRITU EMPRENDEDOR EN LAS PYMES MADERERAS DEL NORTE DE MISIONES-ARGENTINA

ENTREPREUNERSHIP IN SMALL AND MEDIUM SIZED TIMBER BUSINESSES OF NORTHERN MISIONES-ARGENTINA

Fecha de recepción: 05/06/2015 // Fecha de aceptación: 16/11/2015

RESUMEN

En los departamentos de Montecarlo y Eldorado de la provincia de Misiones, Argentina las Pymes madereras contribuyeron al desarrollo socioeconómico y a la construcción de la identidad de este territorio.

Para caracterizar a los empresarios Pymes en el marco conceptual del emprendedor, y conocer sus modos de Gestión empresarial y su aporte al desarrollo del territorio, se realizó una investigación cualitativa y etnográfica, especialmente a través de visitas a las empresas y de entrevistas a los empresarios. Del análisis de las mismas se infiere que fueron la pasión y el entusiasmo los que marcaron sus inicios e impulsaron su desarrollo; y que sus esfuerzos se enfocan principalmente en la incorporación de tecnología, la ampliación de la capacidad instalada y la diversificación de productos y mercados. A su vez presentan debilidades en las áreas de la Planificación a mediano y largo plazo y en la Gestión del personal, las que sumadas a otros factores de los diferentes niveles del contexto, reducen la sustentabilidad de las empresas y la competitividad sistémica de la cadena.

Palabras Claves: Desarrollo, Territorio, Pymes de la madera, Gestión, Competitividad.

SUMMARY

In the Departments of Montecarlo and Eldorado in the province of Misiones, Argentina, the *Small & Medium Size Enterprises* (SMEs) lumber and wood industries had contributed to the socioeconomic development and to the construction of the identity of the territory.

In order to characterize the businessmen of the SMEs as entrepreneurs and to know their ways of business administration and their contribution to the development of the territory, a qualitative and ethnographic research was carried out especially done by means of visits to the firms and by interviews to the managers. It emerged from this research, that it was specially the passion and the enthusiasm what marked their beginnings and boosted their evolution and that they focus their efforts basically in the incorporation of technology, the expansion of the installed capacity, and the diversification of the products and the markets. At the same time weaknesses in the medium and long term planning areas and in the human resource management are also presented which added to other factors of the different levels of the context reduce the sustainability of the SMEs and the systemic competitiveness of the chain.

Keywords: Development, Territory, Lumber and wood SMEs, Management, Competitiveness.

Amalia Lucila Díaz

Ingeniera Forestal, M.Sc
Economía Rural. Profesora
Adjunta Administración y
Economía Forestal-
Fac.Cs.Forestales-
UNaM Bertoni 124
Eldorado,
Misiones, Argentina
email: ldiaz@facfor.unam.edu.ar

Martín Aguerre

Ingeniero Forestal. Docente
Investigador Introducción a
la Administración,
Economía y Legislación
Forestal. Facultad de
Ciencias Agrarias y
Forestales, UNLP Calle 60
y 119 (CP 1900), La Plata,
Buenos Aires, Argentina
email: maguerre@agro.unlp.edu.ar

INTRODUCCIÓN

En los órdenes internacional y local, hay evidencias que señalan que los emprendedores han estado asociados a la iniciativa de correr riesgos con el objetivo de generar innovaciones y oportunidades de crecimiento para ellos y para las comunidades en las que se insertan (KATINS, 2014). Ya a inicios del S XX, la teoría del desenvolvimiento económico de SCHUMPETER en el capítulo dos de su Teoría, titulado El Fenómeno Fundamental del Desenvolvimiento Económico, ubicaba al emprendedor como centro del sistema económico, afirmando que “la ganancia viene del cambio y el cambio es producido por el empresario innovador” (ALONSO, FRACCIA, 2009; CECREDA, 2011).

SCHUMPETER postula que el proceso de producción como una combinación de fuerzas productivas materiales e inmateriales. Las fuerzas materiales están conformadas por los factores de la producción (trabajo, tierra y capital) y a las fuerzas inmateriales las componen los “hechos técnicos” y los “hechos de organización social”, que, al igual que los factores materiales, también condicionan la naturaleza y el nivel del desarrollo económico. (MONTROYA SUAREZ, 2001 citando a SCHUMPETER, 1978). SCHUMPETER (1978), considera que las variaciones en la disponibilidad de los factores productivos (fuerzas materiales), a los que denominó “componentes del crecimiento económico”, provocan un cambio gradual y lento en el sistema económico cuyo resultado es el crecimiento de la producción. Dado que se trata de un proceso que tiene como medio de operación la rutina, la fuerza física y los volúmenes de los factores de producción, su impacto en la sociedad es cuantitativo y no cualitativo. Contrariamente, dicho autor considera que los cambios tecnológicos y sociales (factores inmateriales), a los que denominó fuerzas o factores del desarrollo o evolución económica causan un impacto más decisivo y más dinámico; porque es un proceso de transformación cualitativa de la sociedad y de la economía.

Así se manifiestan coincidencias con SCHUMPETER en que, para lograr un mayor desarrollo económico a largo plazo, **es necesario contar con empresarios emprendedores que generen empleos** y valor agregado mediante la creación de nuevos productos, novedosos procesos de producción o la prestación de servicios inexistentes hasta ese momento y en que la principal motivación del emprendedor no es tanto el beneficio como el placer de crear y la posibilidad de mejorar la posición social. El entorno social es, por tanto, fundamental para el emprendedor ya que a la vez representa un freno porque le obliga a romper con las inercias establecidas, constituye un acicate, ya que la posibilidad de la mejora social es lo que motiva su actividad. La motivación y el deseo del emprendedor

serán elementos esenciales, junto con la interacción social (CARRASCO, 2008). KANTIS (2014) definió desde un enfoque sistémico al concepto de Sistema de Desarrollo Emprendedor como un conjunto de elementos y factores que inciden sobre el proceso emprendedor contribuyendo u obstaculizando el nacimiento y desarrollo de emprendedores y empresas, tanto en términos cualitativos como cuantitativos, agrupándolos en cinco categorías: Condiciones sociales y económicas; Cultura y sistema educativo; Estructura y dinámica productiva; Aspectos personales; Redes del emprendedor; Mercado de factores, Regulaciones y políticas.

Sin duda existe una realimentación permanente entre el espíritu emprendedor prevaliente y la evolución de las empresas, la competitividad de un sector y la dinámica del territorio. Se considera que el espíritu emprendedor de los ciudadanos de un país es un factor clave para la mejora de la competitividad de su economía. Muchas de las naciones cuyas economías se cuentan actualmente entre las más competitivas del mundo, son también países con un gran dinamismo emprendedor, caracterizado no sólo por una elevada rotación empresarial –aperturas y cierres de empresas–, sino también por su llegada a los mercados con productos y servicios innovadores (CÍRCULO DE EMPRESARIOS DE ESPAÑA, 2009).

El soporte conceptual de la ventaja competitiva de las empresas y la cadena de la valor proviene principalmente de los trabajos de PORTER (1991), quién sostiene que la ventaja competitiva de una empresa nace fundamentalmente del valor que una empresa es capaz de crear para sus compradores, que exceda el costo de esa empresa por crearlo. A su vez el autor inserta a la empresas en un “sistema de valor” conformado por los proveedores los insumos y servicios de la empresa (valor hacia arriba) y los canales de valor que transitan los productos en su camino hacia el comprador. Cuando el producto de una empresa logra formar parte de la cadena de valor del comprador porque es más barato o mejor que los productos de los competidores, se transforma en una fuente de ventaja competitiva para la empresa.

El enfoque de Competitividad Sistémica sostiene que la competitividad requiere incluir los niveles analíticos micro, macro, meso y meta que afectan a las empresas en el plano local, regional, nacional y supranacional. En este modelo, la competitividad industrial no surge espontáneamente al modificarse el contexto macro, como tampoco se genera de acuerdo a las capacidades y recursos de la empresa exclusivamente, a nivel micro. Existe una interacción compleja y dinámica entre el Estado, las empresas, las instituciones intermediarias y la capacidad organizativa de una sociedad (MESSNER, citado por DÍAZ et al, 2009). Consecuentemente, la viabilidad que tienen las PyMES para constituirse en instrumentos del desarrollo de un territorio es

producto del efecto combinado de la eficiencia de las empresas, de las políticas públicas, de la implementación de programas y proyectos sectoriales de apoyo, de las actividades de asociativas entre PyMES orientadas a generar economías de escala y de su articulación con la grandes empresas nacionales, exportadoras y de su inserción en cadenas de valor globales (SANCHEZ BARAJAS, 2009).

Estudios sectoriales encarados por la Unión Industrial Argentina (UIA, 2014) avalan estas interacciones entre el emprendedor y el desarrollo económico de un territorio ya que establecen que en Argentina existen 60 mil Pymes Industriales que generan el 55% de los puestos de trabajo. La provincia de Misiones, con 6.820 empresas representa el 34% de las empresas Pymes de la región NEA (Noreste Argentino), ocupando el primer lugar de la misma. Dentro de las 50 principales aglomeraciones monosectoriales de la Pequeña y Mediana Industria (PyMI) del país, los departamentos de Eldorado y Montecarlo ocupan el 3° y el 10° puesto respectivamente, en ambos casos en el sector de la madera y sus productos (INFORME UIA, PROGRAMA ARGENTINA DESARROLLO TERRITORIAL CON EQUIDAD, 2014).

Una encuesta realizada por la Agencia de Desarrollo de Eldorado (AGEDEL; 2008) en el departamento del mismo nombre, constató que el 25 % de las Pymes madereras, iniciaron sus actividades a partir de 1980 y el 37,5 % a partir de 1990.

Esta situación se inscribió en un proceso de progresiva diversificación de la economía provincial protagonizado básicamente por las PyMES, siendo las actividades ligadas a la cadena productiva forestal las que evidenciaron el mayor crecimiento y dinamismo desde la década del 90 hasta avanzada la primera década del año 2000. En relación al recurso forestal, cabe señalar que la progresiva disminución cuali y cuantitativa de la oferta de los rollizos del bosque nativo a partir de la década del 80, coincidentemente con el crecimiento de la oferta de las plantaciones forestales provocó que muchos aserraderos que procesaban maderas de bosque nativo cerrasen o se reconvirtiesen al uso de maderas de cultivo, a la vez que se crearon nuevas empresas para aprovechar la mayor disponibilidad de materia prima proveniente de las plantaciones. FORMICHELLA (2004) considera a este proceso como una manifestación de desarrollo en un territorio, consistente en partir de las cualidades endógenas del lugar e intentar fomentar y potenciar sus aspectos positivos, superando las dificultades y limitaciones que pueda haber en el mismo.

Dado que el desarrollo, es el producto tanto de los atributos singulares del patrimonio natural y cultural de un territorio, como de las potenciales capacidades (técnicas, organizativas, logísticas, comunicacionales, etc) disponibles para

aprovecharlas, se considera importante caracterizar el perfil de los emprendedores Pyme de las industrias de la madera. Para conocer como incidió en la evolución de las empresas y el desarrollo del territorio, cómo así también su impacto en el desempeño futuro, teniendo en cuenta los nuevos escenarios y desafíos, a partir de la crisis económica del 2008, que impactó fuertemente en éstas empresas.

Además los valores, comportamientos individuales y colectivos de éstos emprendedores dieron fisonomía a este Territorio, entendido como el conjunto de relaciones sociales, productivas y económicas que se han establecido teniendo como base la cultura y otros rasgos propios de la localidad o región (HUALDE ALFARO; 2001).

El objetivo de éste trabajo es caracterizar la cualidad de emprendedor de los empresarios de las Pymes de la primera y segunda transformación mecánica de la madera en los departamentos de Montecarlo y Eldorado de la provincia de Misiones, Argentina y su contribución al desarrollo del territorio. El objetivo particular del trabajo es analizar la impronta de las cualidades de emprendedor de los empresarios de éstas PyMES ,en el nivel de desarrollo alcanzado por sus empresas, expresado por los cambios experimentados en su magnitud y estructura económica, como organizativa.

MATERIALES Y MÉTODOS

La metodología utilizada es la investigación cualitativa y etnográfica. Este tipo de investigación busca un concepto, a partir de observaciones hechas, con alto grado de involucramiento de los participantes, a saber: el investigador en el proceso cotidiano de los actores, lo que posibilita una profundización de la problemática a estudiar y su realidad y a los entrevistados como participantes activos más que como población objetivo. Para el desarrollo de este trabajo se utilizó información primaria y secundaria. La primera se obtuvo mediante visitas a las empresas y entrevistas semiestructuradas o focalizadas. En este tipo de entrevista el investigador hace una preparación previa pero sin estructura formalizada, respecto al guión con ítems de la problemática particular que se quiere abordar. En éste estudio se refirió a los orígenes, gestión, las relaciones interpersonales y la visión a futuro de los empresarios entrevistados, en cuánto a sus empresas y al sector forestoindustrial. Se seleccionaron de manera intencional a 10 empresas integrantes de la Asociación Maderera y Afines del Alto Paraná (AMAYADAP), dentro de la categoría de medianas según clasificación adoptada en la Provincia de Misiones y que se muestra en el Tabla N° 1. En estas empresas, se entrevistaron a sus dueños y las entrevistas fueron grabadas.

Tabla N°1: Clasificación de empresas maderas de la provincia de Misiones, según producción mensual (m³/mes).**Table N° 1: Classification of timber companies of the Province of Misiones, according to monthly production (m³/ month)**

| | Pequeñas industrias | | | | | Medianas industrias | Med-Gran industrias | Grandes industrias |
|-----------------------------------|---------------------|-------------|-------------|--------------|---------------|---------------------|---------------------|--------------------|
| | 0-50 | 50-75 | 75-150 | 150-300 | 300-600 | 600-1900 | 1900-3500 | >3500 |
| Producción en m ³ /mes | 0-21200 | 21200-51800 | 51800-65600 | 65600-127200 | 127200-254000 | 254000-805000 | 805000-1484000 | >1484000 |
| Total General | 521 | 44 | 74 | 41 | 21 | 23 | 4 | 3 |
| Porcentajes | 71,27% | 6,02% | 10,12% | 5,61% | 2,87% | 3,15% | 0,55% | 0,41% |
| Acumulados | 71,27% | 77,29% | 87,41% | 93,02% | 95,90% | 99,04% | 99,59% | 100,00% |

Fuente: Censo Industria de la Madera 2003.

RESULTADOS

Como síntesis de las características del territorio y la relación de su materialidad con la evolución de las Pymes forestoindustriales, se puede señalar por ser una zona forestal, con la infraestructura básica necesaria y disponibilidad de materia prima, a éstos emprendedores, les fue más fácil iniciarse en la actividad. En relación a las condiciones sociales imperantes, de las entrevistas se desprende que los nuevos emprendedores contaban con la colaboración y el apoyo de los colegas. Lo que allanó muchas de las dificultades que se les presentaron en su etapa de inicio. Posteriormente, con la incorporación y/o fortalecimiento de otros actores de la cadena productiva forestal, tales como las instituciones técnicas y del conocimiento y de las empresas de servicios forestales, las interacciones e interrelaciones entre los actores se fueron extendiendo. No obstante, no se avanzó mucho o de manera continua en procesos asociativos, de cooperación orientados a fortalecer la totalidad de la cadena o transformarla en una cadena de valor. La interacción entre los empresarios, especialmente en la cámara que los agrupa, es mayor en períodos de crisis pero tiene un enfoque más gremial o político.

De las entrevistas a los empresarios se infiere que está bien desarrollado el nexo individuo-oportunidad, donde sus características de iniciativa, motivación, intuición, propensión al riesgo les permitieron identificar y explotar las amenazas y oportunidades que presentaba el entorno en relación a los siguientes factores: el agotamiento del recurso nativo; el impulso estatal al desarrollo de las plantaciones forestales a partir de la década del 60 y que la región con la presencia de otras industrias, principalmente celulósico papeleras, se encaminaba hacia la conformación de un cluster forestal. Los emprendedores combinaron las oportunidades que

generaba este nuevo escenario forestal con la disponibilidad para alquilar o adquirir las instalaciones de muchos aserraderos de especies nativas que dejaban de funcionar por la escasez de materia prima. Sus inicios explican parcialmente el estilo de gestión prevaleciente actualmente: gerenciamiento poco profesionalizado, liderazgo autocrático, poca comunicación interna, atención focalizada en las urgencias y coyuntura, falta de planificación estratégica y una mayor valoración de la tecnología por sobre los recursos humanos.

Entre los motivos que los impulsaron a asumir el rol de empresarios mencionados por los entrevistados, se encuentra la necesidad de generarse empleo ante la pérdida del que tenían o el deseo de tener autonomía laboral. Otros motivos mencionados son la disponibilidad de materia prima de bosques implantados o la optimización del uso propiedad. Un objetivo común al colectivo es la búsqueda del progreso económico y social, corroborando así que en la evolución hacia la empresariedad, intervienen además de estilos de personalidad, elecciones condicionadas por las circunstancias y factores sociales, culturales y económicos (Gartner, 1988). Otra característica común al conjunto de entrevistados es que sus inicios por necesidad no hizo que se limitasen a generar un emprendimiento para sobrevivir, sino que mediante un proceso de permanente reinversión, lograron que sus empresas fuesen creciendo y modernizándose a través de los años. En este contexto manifiestan que consideran entre sus principales logros a la imagen ganada y su trayectoria. Es destacable el entusiasmo y orgullo que transmiten, cuando evocan sus inicios, pero esta emocionalidad cambia cuando se los indaga sobre su visión de futuro.

En base a las características personales y competencias de los emprendedores identificadas mediante las entrevistas, se elaboró la siguiente tabla de resultados:

Tabla N° 2: Características y cualidades de los emprendedores Pymes madereros.
Table N° 2: Characteristics and qualities of the SMEs timber entrepreneurs

| Características | Emprendedores Pymes madereros |
|--------------------------------|-------------------------------|
| Creatividad | Baja |
| Confianza en sí mismo | Alta |
| Proactividad | Baja |
| Liderazgo | bajo |
| Intuición | Alta |
| Sacrificio Personal/Austeridad | Alto |
| Motivación | media |
| Visión | Baja |
| Capacidad Negociadora | media |
| Trabajo en equipo | Bajo |

Fuente: elaboración propia

Dentro de las características propias del espíritu emprendedor, entre los empresarios Pymes madereros del territorio se destacan las siguientes:

1) La austeridad y el sacrificio personal en sus inicios de emprendedores. Tal como se dijo en muchos casos se iniciaron por la falta de empleo o por las bajas perspectivas de progreso laboral y económico. Además y al igual que para la mayoría de las Pymes argentinas de cualquier sector carecieron de financiamiento, capacitación y de asistencia de programas de apoyo estatales específicamente dirigidos a este segmento de empresas. Este espíritu de sacrificio también se evidenció en la actitud de aceptación de sus fracasos, que en virtud de la debilidad económica y carencia de asistencia financiera constituyen una amenaza para la existencia de este tipo de empresas.

2) La necesidad de realización personal y económica, que se evidencia en el orgullo y satisfacción, que expresan éstos actores sobre su trayectoria empresarial y su rol en la comunidad, y en su propensión a afrontar riesgos para lograr alcanzar el crecimiento de sus empresas.

3) Debilidad en el estilo de liderazgo, que se basa más en la autoridad que les confiere su posición jerárquica que en formas de gestión que influyan sobre el comportamiento y generen entusiasmo y el compromiso de sus trabajadores. Estos empresarios cuando comparan su situación en sus inicios con la actual de sus empleados, consideran que éstos tienen garantías que ellos no tuvieron pero que esta ventaja no se refleja en el compromiso que esperan de sus empleados.

4) Debilidad para desarrollar una visión de su empresa a largo plazo y cómo esta se vincula con su entorno sociocultural, económico y tecnológico. Pese a que sus emprendimientos han alcanzado la etapa de madurez de su ciclo de vida, muchas de sus acciones continúan siendo reactivas ya que prevalece para la toma de decisiones la “prueba-error. Y si bien la aceptación del fracaso es una forma de ganar experiencia, no siempre capitalizan los errores cometidos ni determinan el costo de los mismos. En este sentido la forma de gestionar, no cambio mucho en relación a como lo hacían en sus comienzos.

5) Debilidad en la innovación. Más que innovadores son “replicadores” ya que prevalece la actuación por imitación – copia – adaptación a los competidores que consideran referentes o modelos exitosos en la actividad o por lo que ven en los viajes de negocios o ferias industriales que visitan. Especialmente observan que hacen sus pares de Brasil, de quiénes valoran su pragmatismo y dinamismo.

6) Son flexibles en su adaptación a las necesidades de cambio requeridas por el mercado. La mayoría de las inversiones que realizan en mejoras tecnológicas, en el aumento del volumen o en la diversificación de la producción o en mejorar la calidad de los productos, son en respuesta a las demandas del mercado. Esta flexibilidad la logran manteniendo contacto directo con sus principales clientes e intercambios de información con sus pares para seguir las novedades coyunturales del sector. La mejora de calidad, a la que todos los entrevistados consideran como objetivo y estrategia de diferenciación merece una especial interpretación dado que este concepto responde únicamente a sus criterios propios y no a estándares y que ninguna de estas empresas obtuvo alguna certificación de calidad.

7) Son proactivos buscando segmentos y nichos de mercados que les permitan mantener la rentabilidad frente a grandes competidores. No obstante en relación a las lecciones aprendidas de las crisis que atravesaron, no adoptan prevenciones ni delinean estrategias en épocas de crecimiento que les permitan estar mejor preparados ante una eventual repetición de estas circunstancias, más allá de evitar endeudarse

8) Tienen un alto grado de confianza en sí mismos. Se consideran eficientes para responder a los cambios del mercado, y consideran que haber superado tantas crisis y que sus empresas continúen creciendo es el mejor indicador de esta eficiencia y de su éxito. Además siempre se comparan en relación a competidores de tamaño semejante y del mismo

9) territorio, por lo cual predomina una apreciación muy recortada y hasta complaciente sobre su performance. Esta confianza explicaría en parte que no sientan la necesidad de generar espacios para reflexionar sobre cómo mejorar sus formas de gestión y menos aún sobre sus actitudes reactivas ante entornos en permanentes cambios.

10) Su predisposición para el trabajo en equipo es baja. Esto se refleja tanto en el estilo de conducción autocrático de sus empresas como en sus modos de relacionarse con los diferentes actores sectoriales que evidencian dificultades para implementar acciones conjuntas o construir entramados productivos destinados a incrementar la competitividad sistémica sectorial o para captar nuevos mercados.

CONCLUSIONES

Las características de los emprendedores de la región de estudio permitieron que las Pymes madereras superaron las etapas iniciales del ciclo de vida del negocio, expandiéndose y modernizándose, con el consiguiente efecto multiplicador en el ámbito económico, ambiental y social.

De las identificación específica de las características personales de los empresarios Pymes madereros y como éstas se reflejan en la evolución de sus empresas, se concluye que aunque inicialmente su objetivo principal fue el autoempleo, se fueron tornando empresarios y en este camino fueron expandiéndose e incorporando tecnología, y lograron reconocimiento en el sector, que en muchos, es uno de sus más preciados valores.

El estilo autoritario de liderazgo prevaleciente en los emprendedores Pyme no favorece el trabajo en equipo, los procesos de aprendizaje organizacional ni la generación de un clima de confianza, pertenencia y compromiso laboral por lo que los trabajadores más capacitados y con autonomía, pocas veces encuentran posibilidades de desarrollo laboral y personal.

Si las características de emprendedorismo que poseen los empresarios Pymes madereros del territorio se fortaleciesen con asesoramiento y capacitación en gestión empresarial y se les facilitase el acceso a información relevante sobre los mercados nacionales e internacionales, desarrollo de nuevos productos, procesos y tecnologías clientes, entre otras, sus posibilidades de obtener mejores resultados se verían incrementadas así como también la competitividad sistémica sustentable del sector y del territorio.

Para alcanzar este objetivo también se requiere de la aplicación de un enfoque sistémico para articular la presencia de los diferentes actores de la cadena y del entorno, mejorar la interacción y realimentación entre emprendedorismo y desarrollo, y tornarlo un círculo virtuoso. Para esto el rol que deben desempeñar los estados nacional y provincial

es fundamental, máxime en estos empresarios que sortearon varias crisis y según sus expresiones deben enfrentar recurrentemente la ineficacia estatal, lo cual actualmente ligado a sus edades maduras, acorta su Visión de futuro y su motivación.

BIBLIOGRAFÍA

CARRASCO, INMACULADA; CASTAÑO, MARÍA. 2008. El emprendedor schumpeteriano y el contexto social. Revista ICE Marx-Keynes-Schumpeter n° 845. Disponible en: http://www.revistasice.com/cache/pdf/ICE_845_121-134_F6565B36FDFD765A932BB8BEEE9AAB41.pdf. Último acceso: 17 de mayo 2015.

CÍRCULO DE EMPRESARIOS DE ESPAÑA. 2009. El espíritu emprendedor: elemento esencial para superar la crisis económica española. Colección Documentos Círculo. Disponible en: http://circulodeempresarios.org/sites/default/files/publicaciones/2009/06/espiritu-1_2.pdf. Último acceso: 17 de mayo 2015.

DÍAZ, AMALIA M; ARJOL. MARINA; DÍAZ, DARÍO. 2009. Economía del sector foresto-industrial de la Provincia de Misiones Proyecto de Investigación.

DRUCKER, P. 1985. La Innovación y el empresario innovador. Ed. Edhasa. Barcelona

FORMICHELLA, MARÍA M. 2004. El concepto de emprendimiento y su relación con la Educación, el Empleo y el Desarrollo Local. Monografía Beca de Iniciación del INTA "Gestión del emprendimiento y la innovación"

HUALDE ALFARO, ALFREDO. 2001 "Del Territorio a la empresa" En Región y Sociedad, Revista de El Colegio de Sonora, Mexico. Disponible en:

http://lanic.utexas.edu/project/etext/colson/21/21_1.pdf. Último acceso: 17 de mayo 2015.

KANTIS, HUGO; ANGELELLI, P; GATTO, FRANCISCO. 2002. Nuevos emprendedores y emprendimientos: ¿De qué depende su creación y supervivencia? Explorando el caso argentino. Disponible en: www.sladeinternacional.com/nuevos-emprend. Último acceso: 17 de mayo 2015.

KANTIS, HUGO. 2004 Desarrollo Emprendedor: América latina y la experiencia internacional. BID. Disponible en: <http://idbdocs.iadb.org/wsdocs/getdocument.aspx?docnum=829131>. Último acceso el 17 de mayo 2015.

MESSNER DIRK. 1993. El desafío de la Competitividad Sistémica. La Industria Maderera de Chile. Instituto Alemán de Desarrollo (IAD) Berlín.

PORTER, MICHAEL E. 1991. Ventaja competitiva: creación y sostenimiento de un desempeño superior. IBSN 950-695-046-6 Ed Rei Argentina S.A.

PULGARIN, SERGIO. 2011. Caracterización del comportamiento emprendedor de los estudiantes de pregrado de la Universidad del Rosario. Colombia. Disponible en: <http://www.urosario.edu.co/getattachment/Adminstracion/ur/Investigación1/ur>. Último acceso: el 17 de mayo 2015.

SABOIA LEITÃO, FERNANDO ANTONIO; MARTÍN CRUZ, NATALIA. 2013 los rasgos psicológicos del emprendedor y la continuidad del proyecto empresarial: un estudio empírico de los emprendedores brasileños. **Revista Eletrônica de Administração**, [S.l.], v. 12, n. 2, ISSN 1413-2311. Universidade Federal do Rio Grande do Sul –Brasil.

SÁNCHEZ BARAJAS, GENARO Las micro y pequeñas empresas mexicanas ante la crisis del paradigma económico de 2009. Universidad de Málaga, España. Disponible en: <http://www.eumed.net/libros-gratis/2009a/524/Teoria%20de%20la%20competitividad%20sistemica.htm>. Acceso 11-10-2015

TAÑSKI, NILDA; BÁEZ, LUCIO; CLÉRICI, CARMEN. 2011. La asociatividad como ventaja competitiva. Investigación Científica Tecnológica. Editorial Universitaria UNaM.

OMAR MONTOYA SUÁREZ SCHUMPETER. 2004. INNOVACIÓN Y DETERMINISMO TECNOLÓGICO Scientia et Technica Año X, No 25. UTP. ISSN 0122-1701. Disponible en: <https://scholar.google.es/scholar?hl=es&q=schumpeter+++teoria+del+crecimiento+economico&btnG=&lr=>. Último acceso: 17 de mayo 2015.

IGNASI BRUNET AMADO ALARCÓN. 2004. Teorías sobre la figura del emprendedor. Disponible en: <http://ddd.uab.cat/pub/papers/02102862n73/02102862n73p81.pdf>. Último acceso: 17 de mayo 2015.

DESINFECCIÓN Y ESTABLECIMIENTO *IN VITRO* DE SEMILLAS DE *Bastardiopsis densiflora* (HOOK. & ARN.) HASSLER

DISINFECTION AND ESTABLISHMENT IN VITRO OF *Bastardiopsis densiflora* SEEDS (HOOK. & ARN.) HASSLER

Fecha de recepción: 14/11/2014// Fecha de aceptación: 03/03/2015

Ana María Noguera

M.Sc. Lic. en Genética, Profesor adjunto regular, Investigador, Laboratorio Biotecnología Vegetal, FCF, UNaM. E-mail: amnogue@arnet.com.ar

Micaela Evelin Martinez

M.Sc. Ing. Ftal., Adscripto, Investigador, Laboratorio Biotecnología Vegetal, FCF, UMaM. E-mail: micaevelin@yahoo.com.ar

Alejandro Friedl

Ing. Ftal. M.Sc. en Manejo Forestal, Profesor titular regular, Investigador, Laboratorio de Inventario y Manejo, FCF, UNaM. E-mail: afriedl@facfor.unam.edu.ar

Fernando Vier

-Alumno Prof. Biología, ayudante de investigación, Laboratorio Biotecnología Vegetal, FCF, UMaM. E-mail: ferjviersh@live.com

RESUMEN

El objetivo principal de este trabajo es, desarrollar un protocolo de desinfección y establecimiento *in vitro* de semillas de *Bastardiopsis densiflora* (Hook. & Arn.) Hassler “loro blanco” para su posterior multiplicación. *B. densiflora* es una especie arbórea nativa de rápido crecimiento, maderable, melífera y de uso múltiple, indicada para plantaciones en fajas de enriquecimiento en bosques degradados. Se trabajó con semillas proveniente de árboles de monte nativo de la zona de Aristóbulo del Valle (Misiones). La cosecha se realizó directamente desde el árbol realizando la poda de ramas terminales con frutos. En la desinfección del material vegetal se evaluaron concentraciones y tiempos de exposición de sustancias desinfectantes. También se evaluó un pretratamiento de escarificación mecánica. Las semillas se establecieron en un medio Murashige y Skoog (1962), en cámara de cría, en oscuridad y con condiciones controladas de temperatura. Se obtuvieron, en todos los tratamientos de desinfección, bajos o nulos

SUMMARY

The main objective of this work is to develop a disinfection protocol and the establishment *in vitro* of seeds of *Bastardiopsis densiflora* (Hook. & Arn.) Hassler “loro blanco” for further multiplication. *B. densiflora* is a fast growing native tree species, for multiple uses such as timber and honey feed, and also suitable for enrichment strips planting in degraded forests. We worked with native tree seeds from Aristobulo del Valle (Misiones). The harvesting was carried out right from the trees, by pruning the terminal branches with fruits. In the plant material disinfection, concentrations were evaluated and exposure time to disinfectant solutions. A pretreatment of mechanical scarification was also evaluated. The seeds were established in a Murashige and Skoog (1962) medium, in a breeding chamber in controlled conditions of temperature and darkness. In all disinfection treatments, low or zero contamination rates in the seeds were obtained. The highest germination percentage (91,58 %) was obtained by performing a mechanical scarification followed by a simple disinfection.

porcentajes de contaminación de las semillas establecidas. El mayor porcentaje de germinación (91,58 %) se obtuvo al realizar una escarificación mecánica seguida de una desinfección simple.

Palabras clave: cultivo in vitro, micropropagación

Keywords: *In vitro* culture, micropropagation.

INTRODUCCIÓN

B. *densiflora* “loro blanco”, es una especie arbórea nativa de rápido crecimiento, maderable, melífera y de uso múltiple. Presenta un típico crecimiento monopódico que es uno de los aspectos más importantes para lograr un fuste recto maderable. Su madera moderadamente dura y semi-pesada con una densidad media 0,6–0,7 g/cm³, presenta un veteado delicado, textura fina y grano derecho. Es fácil de trabajar, utilizada en la construcción y para la fabricación de muebles.

Árbol de desarrollo promisorio, en fajas de crecimiento alcanza una altura promedio de 11 metros y 10 cm. de diámetro con una supervivencia del 60 % a los 7 años. Esta especie es ideal para su manejo maderable a partir de los sistemas de conducción de la regeneración natural, en áreas de bosques perturbados y con claros amplios (EIBL *et al.* 2003). Es sensible a las heladas en sus primeros años de crecimiento por lo que deberá ser protegida hasta que la altura de la yema apical no sufra daños por la misma, esta protección estará dada por el bosque remanente en las fajas de crecimiento. Por lo que es una especie indicada para plantaciones en fajas de enriquecimiento en bosque degradado debido a que tiene efectos beneficiosos sobre los suelos de los bosques degradados (MONTAGNINI *et al.* 2006). En Misiones, los proyectos de reforestación y del enriquecimiento forestal de bosques degradados empleando especies nativas como *B. densiflora*, son estrategias viables para mantener la biodiversidad y recuperar el ecosistema forestal. Según EIBL *et al.* (2012) y en base a resultados obtenidos tras establecer un ranking de especies por crecimiento, el mismo estaría encabezado por: Timbó en plantación mono específica o mixta, Cañafístola y *B. densiflora* en plantación mixta.

Con respecto a la importancia de la especie, una de las características es su alta calidad como recurso melífero. MIRANDA *et al.* (2013), señalan que en el marco de APIMONDIA 2011 la miel de “loro blanco” fue galardonada por técnicos apícolas nacionales entre las 10 mejores del país (WWW.NEARURAL.COM). Estos logros hablan de la potencialidad de la región para producir mieles diferenciales por origen botánico-geográfico y que podrían ser catalogadas como “orgánicas” y /o “ecológicas”; sin embargo en Misiones según MIRANDA *et al.* (2012), en las mieles se registran como recursos nectararios, otras especies vegetales con

porcentajes mayores, entre el 68 % al 37 %, y solo un 21% de aparición de la especie *B. densiflora*. De acuerdo a distintas investigaciones realizadas en torno a la producción y calidad de las mieles se interpreta que, la baja presencia de *B. densiflora* en las mieles de la región puede deberse a la escasez del recurso nectarario, a pesar de que es una de las especies más buscadas por los apicultores debido a la calidad de las mieles generadas.

En la apicultura además es de gran interés para los productores locales ya que provee de recursos a las abejas durante los meses de invierno, debido a su floración temprana y abundante, período en el cual hay escasas fuentes de alimento para la apicultura.

Teniendo en cuenta que la provincia de Misiones posee una superficie de bosques degradados que requieren de su reestructuración y enriquecimiento y que la semilla de *B. densiflora* posee un poder germinativo bajo, de 20 a 40 %, según EIBL *et al.* (2012b); la germinación, producción y desarrollo de plantines a través de la micropropagación, puede convertirse en una estrategia viable.

La micropropagación permite la multiplicación de plantas a partir de pequeñas porciones de tejido, de manera rápida y con la posibilidad de multiplicar genotipos selectos. Es una técnica ampliamente utilizada en el mundo aplicada a árboles leñosos ya que permite fortalecer la capacidad de multiplicación de las especies, con la revigorización y rejuvenecimiento vegetal. Debido a la ventaja que ofrece la micropropagación y la necesidad de conocer el comportamiento de esta especie en el cultivo *in vitro*, se plantea utilizar esta técnica para la investigación de base.

En América Latina y Centro América, el estudio de la micropropagación en especies leñosas de interés comercial está ampliamente difundido, en cambio investigaciones para la micropropagación de especies leñosas nativas de la Selva Misionera son escasas.

La presente investigación tendrá como antecedentes, investigaciones realizadas con especies leñosas, ya que para la especie *B. densiflora* no se poseen antecedentes sobre la micropropagación.

El objetivo principal es desarrollar un protocolo de desinfección y establecimiento de semillas de *B. densiflora* “loro blanco” para su posterior multiplicación con el objeto de obtener plantines.

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente estudio se llevó a cabo en el Laboratorio de Biotecnología Vegetal de la Facultad de Ciencias Forestales, UNaM, Eldorado, Misiones.

El material vegetal utilizado para el estudio fueron, semillas de Loro blanco de árboles de monte nativo de la zona de Aristóbulo del Valle. La cosecha se realizó directamente desde el árbol realizando la poda de ramas terminales con frutos, luego se procedió a la limpieza y separación de los mismos para obtener las semillas.

Desinfección del material vegetal

Se realizaron ensayos de desinfección de las semillas de "loro blanco". Se utilizaron dos lotes de semillas de diferente cosechas, siendo el lote A utilizado en los ensayos 1 al 4 (tabla 1) y el lote B para los ensayos 2, 5 y 6 (tabla 2).

Procedimiento base de desinfección de semillas

El proceso de desinfección consistió en el lavado de las semillas en agua corriente con gotas de detergente comercial durante 10 min, seguido de múltiples enjuagues en agua corriente. Posteriormente las semillas, en cabina de flujo laminar, fueron desinfectadas con alcohol al 70 % durante 5 min, seguido de una solución de hipoclorito de sodio en los tiempos y concentraciones según cada tratamiento, finalizado el tratamiento de desinfección las semillas fueron enjuagadas con agua destilada estéril tres veces y se procedió a realizar la siembra en tubos con medio (MS), previamente preparados y esterilizados.

Tabla 1. Ensayos de desinfección en semillas de Loro blanco correspondientes al lote de cosecha A.
Table 1. Tests seeds disinfection of Loro blanco. Batch A.

| Ensayo | Hipoclorito de sodio (%) | Tiempo de exposición (min) | Pre Trat. de semillas |
|--------|--------------------------|----------------------------|-----------------------|
| 1 | 1 % | 15 | Base |
| 2 | 2 % | 15 | Base |
| 3 | 1 % y 0,5 % | 15 | Doble desinfección |
| 4 | 2 % y 0,5 % | 15 | Doble desinfección |

Tabla 2. Ensayos de desinfección en semillas de Loro blanco correspondientes al lote de cosecha B.
Table 2. Tests seeds disinfection of Loro blanco. Batch B.

| E nsayo | Hipoclorito de sodio (%) | Tiempo de exposición (min) | Pre Trat. de semillas |
|---------|--------------------------|----------------------------|-----------------------|
| 2 | 2 % | 15 | Base |
| 5 | 4 % | 30 | Químico |
| 6 | 2 % | 15 | Mecánico |

Variaciones de desinfección

En algunos ensayos luego del procedimiento base de desinfección, se realizó una segunda desinfección con hipoclorito de sodio en una concentración de 0,5 % durante 5 min. y enjuague con agua destilada estéril tres veces.

En el lote de semillas B se evaluaron tratamientos de desinfección aplicando el procedimiento base con un porcentaje de hipoclorito de sodio del 2% durante 15 minutos de exposición (Base) y aumentando la dosis del desinfectante al 4% y el tiempo de exposición a 30 min., al que se llamó tratamiento Químico por efectuarse una escarificación química en la cobertura de las semillas.

También se efectuó un pretratamiento a las semillas de escarificación mecánica, para lo cual las mismas fueron escarificadas con papel lija de grano fino 240 durante 10 min. y posteriormente las mismas fueron desinfectadas según el procedimiento base (Tabla 2).

Para cada tratamiento el número de repeticiones fue de 60 semillas, siendo la semilla la unidad experimental.

Establecimiento del material vegetal en el cultivo *in vitro*

La desinfección del material vegetal se realizó con sustancias desinfectantes y establecimiento del mismo en medios de cultivo *in vitro* adecuados para la fase a evaluar (Figura 1).

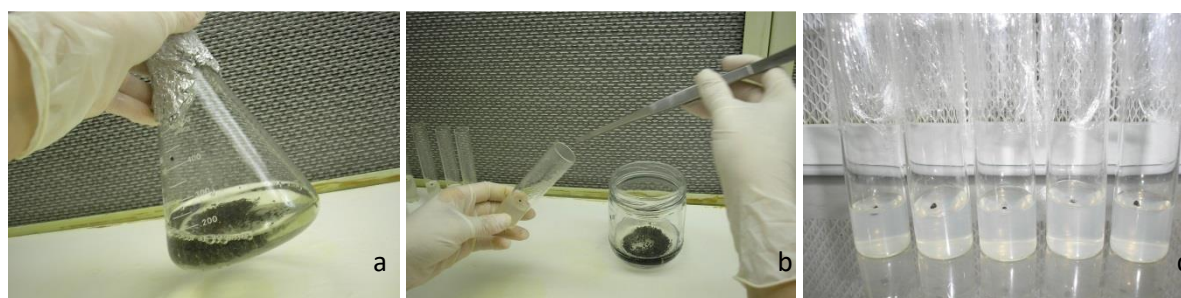


Figura 1. a Desinfección de semillas. b Establecimiento de semillas. c Semillas establecidas en MS.
Figure 1. a Disinfection of seeds. b Establishment of seeds. c Seeds *in vitro*.

El medio de cultivo basal empleado fue Murashige y Skoog (MS) 1962, suplementado con 2 % de sacarosa, en estado semisólido gelificado con 0,8 % de agar. El pH del medio de cultivo fue de 5,8 y se esterilizó en autoclave a 121°C de temperatura y 1,2 kg/cm² de presión durante 20 minutos.

Las condiciones de cultivo fueron, en oscuridad, el tiempo necesario para la germinación de las semillas y posteriormente las germinadas se llevaron a luz con un fotoperiodo de 16 horas luz y temperatura de 24 °C±/ 2 °C.

Diseño experimental y análisis estadístico

En todos los casos se utilizó un diseño experimental completamente aleatorizado, con una distribución factorial de los tratamientos. La unidad experimental estuvo constituida por cada uno de los explantes evaluados. La variación entre los tratamientos fue analizada aplicando análisis de varianza (ANOVA). Cuando el ANOVA indicó diferencias entre las medias de los tratamientos, se aplicó el Test Duncan de comparaciones múltiples, para comparar los tratamientos que presentaron diferencias significativas, con $\alpha = 0.05$, para las variables evaluadas.

Las variables consideradas para evaluar el efecto de los tratamientos fueron: % de contaminación de las semillas establecidas y % de germinación de las mismas.

hipoclorito de sodio explica las diferencias entre los tratamientos, mientras que una segunda desinfección y la interacción entre los factores evaluados no influyeron sobre la variable estudiada.

Con respecto a la germinación *in vitro* de las semillas se observó que, la misma fue paulatina durante todo el tiempo en el que se desarrollaron los ensayos (120 días), lográndose un porcentaje máximo de germinación de plántulas en el tratamiento 4 (Tabla 3 y Figura 2).

Tabla3. Porcentaje de contaminación y germinación de semillas, luego de los tratamientos de desinfección. A los 120 días del establecimiento. Lote de semillas A.

Table 3. Percentage of seeds contamination and germination seeds, after disinfection treatments. At 120 days of the establishment. Seeds batch A.

| E nsayo | % de Contaminación | % de Germinación |
|------------|-----------------------|---------------------|
| 1 | 1,8 ab | 45,6 ab |
| 2 | 3,6 ab | 49,1 ab |
| 3 | 7,5 b | 34,0 b |
| 4 | 0 a | 61,4 a |

Para cada evaluación, ensayos identificados con letras iguales en la misma variable de análisis, indican que no son significativamente distintos dado $\alpha=0.05$ según comparación múltiple de medias de Duncan.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En los ensayos de desinfección y establecimiento realizados para el lote de semillas A y tras efectuar los análisis estadísticos, se observó que, existen diferencias significativas entre los tratamientos (p-value: 0,0330 para la variable contaminación y p-value: 0,0372 para la variable germinación). En lo que respecta a porcentaje de contaminación de los explantes, el porcentaje de

En los ensayos de desinfección y establecimiento realizados para el lote de semillas B y tras efectuar los análisis estadísticos, se observó que, para la variable contaminación de explante no existieron diferencias significativas (Tabla 4).

Sin embargo, en lo que respecta a la germinación de las semillas se observaron marcadas diferencias en los tratamientos evaluados (Tabla 5).

En el tratamiento 6 en el cual las semillas sufrieron una escarificación mecánica, la germinación fue acelerada, obteniéndose un 81% de semillas germinadas a los 15 días del establecimiento,

lográndose un máximo de germinación de 91,58 % a los 45 días del establecimiento. En los tratamientos 2 y 5, la germinación fue gradual durante todo el tiempo del ensayo (160 días).

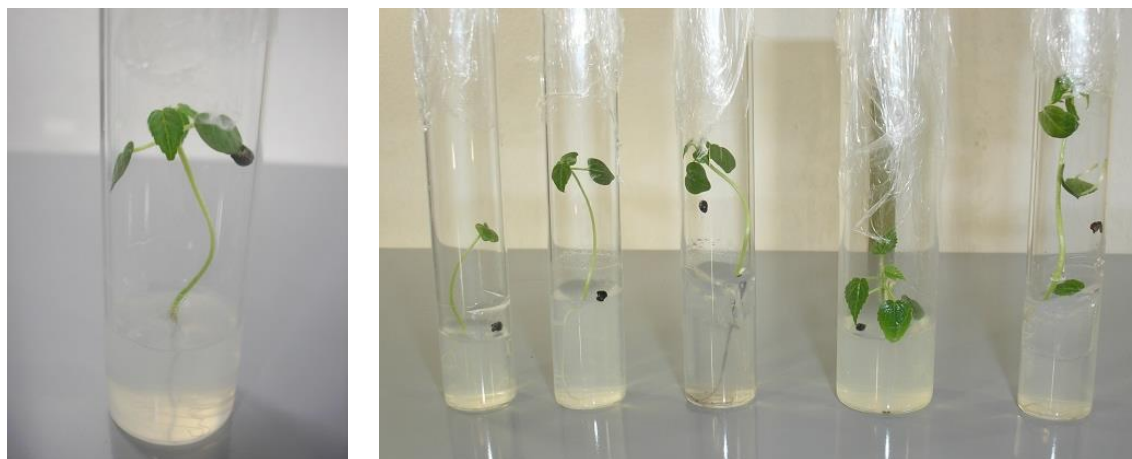


Figura 2. Semillas germinadas *in vitro*, estado de plantulas.
Figure 2. Young plants of *B. densiflora* developed in vitro.

Tabla 4. Porcentaje de contaminación de semillas luego de los tratamientos de desinfección. Lote de semillas B

Table 4. Percentage of seeds contamination after disinfection treatments. Seed batch B.

| Evaluación | P-value | Ensayo 2 | | Ensayo 5 | | Ensayo 6 | |
|----------------|---------|---------------|---|---------------|---|---------------|--|
| | | % | | % | | % | |
| | | Contaminación | | Contaminación | | Contaminación | |
| a los 15 días | 0,1480 | 0 | a | 2 | a | 0,00 | |
| a los 30 días | 0,1480 | 0 | a | 2 | a | 0,00 | |
| a los 45 días | 0,3667 | 0 | a | 2 | a | 1,05 | |
| a los 60 días | 0,3667 | 0 | a | 2 | a | 1,05 | |
| a los 85 días | 0,3667 | 0 | a | 2 | a | 1,05 | |
| a los 160 días | 0,3667 | 0 | a | 2 | a | 1,05 | |

Para cada evaluación, ensayos identificados con letras iguales, indican que no son significativamente distintos dado $\alpha=0.05$ según comparación múltiple de medias de Duncan.

Tabla 5. Porcentaje de germinación de semillas luego de los tratamientos de desinfección. Lote de semillas B
Table 5. Percentage of seeds germination, after disinfection treatments. Seeds batch B.

| Evaluación | p-value | Ensayo 2 | Ensayo 5 | Ensayo 6 |
|----------------|---------|---------------|---------------|---------------|
| | | % Germinación | % Germinación | % Germinación |
| a los 15 días | <0,0001 | 29,47 | 38,67 | 81,05 |
| a los 30 días | <0,0001 | 45,26 | 58,00 | 89,47 |
| a los 45 días | 0,0003 | 68,42 | 74,67 | 91,58 |
| a los 60 días | 0,0008 | 70,53 | 75,33 | 91,58 |
| a los 85 días | 0,0060 | 74,74 | 78,00 | 91,58 |
| a los 160 días | 0,0200 | 77,89 | 79,33 | 91,58 |

Para cada evaluación, ensayos identificados con letras iguales, indican que no son significativamente distintos dado $\alpha=0.05$ según comparación múltiple de medias de Duncan.

CONCLUSIÓN

Los resultados obtenidos permiten arribar a las siguientes conclusiones.

Todos los tratamientos de desinfección evaluados mostraron bajos o nulos porcentajes de contaminación de las semillas establecidas, no mostrando diferencias entre los tratamientos de simple y doble desinfección.

El mayor porcentaje de semillas germinadas se logró con la escarificación mecánica, asimismo el tiempo necesario para la germinación de las semillas se logra disminuir gracias a la ruptura mecánica de la cubierta seminal.

BIBLIOGRAFÍA

EIBL, B.; Vera, N.; Mendez, R. 2003. Silvicultura de 10 especies arbóreas nativas con potencialidades para la producción de madera y otros usos alternativos. SAGPyA-PEA / FCF, UNaM.

EIBL, B.; Barth, S.R.; Montagnini, F.; Palavecino, J.; Lopez, M. A.; Dreyer, N. 2012. Especies nativas de uso múltiple en áreas de restauración en la provincia de Misiones. Actas 15as Jornadas Técnicas Forestales y Ambientales. Facultad de Ciencias Forestales, UNaM - EEA Montecarlo, INTA.

EIBL, B.; González, C.; Otegui, M. y Dreyer, N. 2012. Protocolos tentativos para la propagación de 20 especies nativas de interés productivo de la selva misionera. Actas 15^{as} Jornadas Técnicas Forestales y Ambientales. Facultad de Ciencias Forestales, UNaM - EEA Montecarlo, INTA.

MIRANDA, D. E; Keller, H. A.; Amarilla, W. B; Ritter, L; Insaurralde, C. F. 2012. Recursos apibotánicos en zona de apiarios Misiones, Argentina. Actas 15^{as} Jornadas Técnicas Forestales y

Ambientales. Facultad de Ciencias Forestales, UNaM. EEA Montecarlo, INTA.

MIRANDA, D.; Aquino, D.; Pellizzer, N.; Vier, F.; Vier, L.; Inzaurrealde, C.; Almada, C. y Salgado, C. 2013. Caracterización polínica de mieles de *Apis mellifera*. Producidas en Misiones, Argentina. Actas Jornadas Científicas Tecnológicas, 40° aniversario UNaM.

MONTAGNINI, F.; Eibl, B.; Fernandez, R. y Brewer, M. 2006. Estrategias para la restauración de paisajes forestales. Experiencias en Misiones, Argentina. Actas II Congreso Forestal Latinoamericano IUFRO. Chile, Talca.

MURASHIGE T. y Skoog F. 1962. Arevised medium for rapid growth and bioassays with tabacco tissue. *PhysPlant*. 15: 473-493.

DESCOMPOSICIÓN DE RAÍCES DE *Pinus taeda* L. BAJO UN SISTEMA SILVOPASTORIL EN LA PROVINCIA DE MISIONES, ARGENTINA

DECOMPOSITION OF *Pinus taeda* L. ROOTS UNDER A SILVOPASTORAL SYSTEM IN MISIONES, ARGENTINA

Fecha de recepción: 12/12/2014 // Fecha de aceptación: 31/07/2015

Martín A. Pinazo

INTA EEA Montecarlo.
Av. Libertador 2472.
Montecarlo, Misiones.
Argentina. email:
pinazo.martin@inta.gob.ar.
Tel: +54-3751-480057.

Otto E. Knebel

INTA EEA Montecarlo.
Av. Libertador 2472.
Montecarlo, Misiones.
Argentina.

RESUMEN

Se evaluaron durante 1 año las tasas de descomposición y tasas de mineralización de nitrógeno y fósforo en raíces de diferentes tamaños de *Pinus taeda* L. bajo sistema silvopastoril. Las tasas de descomposición (K) estimadas fueron mayores respecto a los valores citados por la bibliografía con una pérdida de peso seco que alcanzó el 70 % respecto al peso inicial. El fósforo presentó tasas de mineralización elevadas con valores de K mayores a 4 y una marcada inmovilización en los meses invernales. Al finalizar el estudio al menos el 80 % del fósforo original fue mineralizado. El nitrógeno fue inmovilizado durante todo el estudio excepto el de las raíces más finas, en las que presentó mineralización del 38 % y 60 %. Tanto el tamaño de las raíces como las concentraciones iniciales de fósforo y nitrógeno presentaron valores altos de correlación con la tasa diaria de descomposición de las raíces. Las raíces pueden significar una fuente de fósforo dentro del esquema de manejo silvopastoril y tendrían un papel importante en la dinámica del nitrógeno como inmovilizadores temporales de este elemento.

Palabras clave: mineralización, fósforo, nitrógeno, pino taeda, Argentina.

SUMMARY

Decomposition and Nitrogen and Phosphorous mineralization rates in different diameter roots of *Pinus taeda* plants growing in a silvopastoral system were evaluated along 1 year. The estimated decomposition rates (K) were larger than those values cited in the bibliography with a dry weight loss that reached the 70% of the initial mass. Phosphorous had high mineralization rates with K values higher than 4 and a marked immobilization in winter time. At the end of the study, at least 80 % of the initial P was mineralized. Nitrogen was immobilized during the whole study except in the finest roots in which mineralization of 38 % to 60 % was presented. Daily root decomposition rate had high correlation coefficients with the root diameter and P and N initial concentrations. Tree roots can be a significant P source in a silvopastoral system, and they could also play an important role in temporary soil N immobilization.

Keywords: mineralization, phosphorous, nitrogen, loblolly pine, Argentina.

INTRODUCCIÓN

Gran parte de la producción primaria neta de las plantas son destinadas a órganos subterráneos como las raíces, pudiéndose alcanzar valores de más del 20% de la biomasa aérea (MILLER et al. 2006) y en el caso de *Pinus taeda* L. se reportan valores de 19-24 % (MILLER et al. 2006). A pesar de ello la mayoría de los estudios de descomposición se centran en el mantillo o litter forestal. La descomposición es un paso crítico dentro del ciclo del carbono y además tiene gran importancia en la nutrición de las plantas y en la capacidad de intercambio catiónico de muchos suelos (VAN LEAR et al. 2000). Como consecuencia de los altos valores de biomasa de raíces, estas constituyen una entrada importante al momento de analizar el ciclado de nutrientes y carbono al suelo (FAHEY et al. 1988; CAIRNS et al. 1997; SILVER y MIYA 2001; CHEN et al. 2001).

Diversos factores regulan la descomposición de los tejidos vegetales pudiéndose citar al tipo de sustrato, composición química del sustrato, tamaño del material, humedad y temperatura (CHAPIN III et al. 2002). La descomposición de raíces difiere a la del mantillo ya que representa un tipo de sustrato diferente y por las condiciones ambientales bajo las cuales se desarrolla el proceso. Las raíces, como cualquier tejido vegetal, presentan diferentes concentraciones de nutrientes y otros compuestos que determinarían diferencias en las tasas de descomposición. Diversos autores mencionan relaciones entre los contenidos de nutrientes como N, P, los contenidos de lignina y las tasas de descomposición de las raíces (YANG et al. 2004), sin embargo no es posible encontrar patrones generales aplicables a todas las especies (CAMIRÉ et al. 1991; SCHEU y SCHAUERMANN 1994). Lo mismo ocurre con el tamaño de las raíces, los contenidos de nutrientes y las tasas de descomposición de las mismas; mientras que algunos autores reportan buenas correlaciones entre el tamaño de las raíces y las tasas de descomposición (YANG et al. 2004, KING et al. 1997) otros autores encontraron comportamientos dispares (CAMIRÉ et al. 1991, FAHEY et al. 1988, SCHEU y SCHAUERMANN 1994).

En general es posible visualizar en zonas subtropicales una marcada inmovilización de nutrientes y una disminución de las tasas de descomposición durante los meses de invierno (ARUNACHALAM et al. 1996; JOHN et al. 2002). Dentro de un esquema de producción intensivo es probable que esta inmovilización evite una excesiva pérdida de nutrientes por lavado de los mismos durante las lluviosas temporadas invernales. Sin embargo, la mineralización neta de nutrientes durante el proceso de descomposición de raíces puede significar mayor crecimiento en los individuos remanentes en sistemas de raleos intensos en sitios con limitantes nutricionales y/o mecánicas (VAN LEAR et al. 2000).

Los sistemas silvopastoriles se caracterizan por combinar la producción de carne y madera

simultáneamente. En la actualidad es posible observar un aumento en la superficie de sistemas silvopastoriles en la provincia de Misiones, siendo *Pinus taeda* la principal especie implantada como componente arbóreo. El presente trabajo tiene como objetivo estudiar dinámica de la descomposición de raíces de *Pinus taeda* y la mineralización de nutrientes críticos para la producción como el fósforo y el nitrógeno. Se plantea como hipótesis que la tasa de descomposición y de mineralización está relacionada al tamaño de las raíces, concentración inicial de fósforo y nitrógeno y a las relaciones C/N, C/P y N/P presente en los diferentes tamaños.

MATERIALES Y MÉTODOS

El ensayo fue realizado en un sistema silvopastoril de 5 años de edad ubicado en el departamento de Montecarlo, provincia de Misiones, en propiedades de la empresa Ranger Maderas (26° 37' 45'' S; 54° 23' 21'' W). El clima se caracteriza por una temperatura media anual de 21°C, con precipitaciones que rondan los 2000 mm anuales, con régimen isohigro (INTA 1990). El suelo corresponde al orden de los Entisoles, conocidos como suelos pedregosos, de color pardo a pardo rojizo, caracterizados por presentar fragmentos de roca, a veces también en superficie. El material originario proviene de la intemperización de la roca basáltica.

El sitio se ubica en una zona de relieve pronunciado, en posición de media loma alta, con una pendiente de 15-20%. El escurrimiento de estos suelos es rápido y la permeabilidad moderadamente rápida, dando lugar a un drenaje algo excesivamente drenado, sin peligro de anegamiento, con una distribución de la humedad uniforme (SOIL SURVEY STAFF 2010).

El uso actual del área bajo estudio corresponde a un sistema silvopastoril de *Pinus taeda* de 7 años de edad, consociado con pasturas tropicales cultivadas de rápido crecimiento como *Setaria spp.* y *Brachiaria spp.*, además de otras especies espontáneas nativas.

A partir de la extracción mediante excavación de 3 árboles de *Pinus taeda* se tomaron raíces de diferentes tamaños. Las raíces fueron llevadas a laboratorio y fueron limpiadas con agua y clasificadas en 5 categorías de tamaño, raíces < 0.5 cm de diámetro, 0.5 a 1 cm de diámetro, 1 a 2.5 cm de diámetro, 2.5 a 5 cm de diámetro y raíces > 5 cm de diámetro. El material fue secado en estufa a 70 °C y pesado para determinar el peso seco inicial de las muestras. En el caso de las raíces < 0.5 cm de diámetro se realizaron muestras individuales de 5 g de peso de material, mientras que para las raíces de 0.5 a 1 cm de diámetro las muestras fueron de 10 g de material. Para el resto de las categorías de tamaño se realizaron muestras con un número igual de raíces para cada una de ellas. En todos los casos se pesó el material y se identificó con chapa numerada. De cada una de las categorías se tomaron 3 muestras para la determinación de peso seco a 80 °C y

realizar las correcciones por contenido de humedad de las muestras a colocar en campo.

Para la preparación de las muestras, colocación en campo y cronograma de extracción se tomaron las metodologías propuestas por diferentes autores como SILVER y MIYA (2001); ROBERTSON y PAUL (2000); KING et al. (1997); SCHEU y SCHAUERMANN (1994). De esta manera, las muestras fueron acondicionadas en bolsas de red de 2 mm para las raíces < a 0.5 cm de diámetro y 0.5 a 1 cm de diámetro. Las categorías restantes fueron envueltas en mallas de red plásticas de 0.25 cm con tres vueltas de la misma para evitar la pérdida de material. Las muestras fueron colocadas en campo en el mes de Octubre a 10-15 cm de profundidad en grupos de extracción (1 muestra de cada tamaño). La profundidad a la cual se colocaron las muestras responde a observaciones in situ realizadas para determinar el rango de desarrollo radicular para los tamaños evaluados.

Se extrajeron las muestras de acuerdo a un cronograma preestablecido en los meses 1-2-4-7 y 12 a partir de la fecha de colocación en campo. En cada extracción se retiraron 3 muestras por categoría de tamaño y fueron llevadas a laboratorio donde fueron limpiadas de tierra y extraídas las raíces nuevas o vivas provenientes de la vegetación que penetraron por las mallas. Las muestras fueron secadas a estufa a 80 °C hasta peso constante.

Posteriormente se envió el material a laboratorio químico para la realización de estimaciones de concentración de P, N y carbono total de cada muestra excepto para las raíces < a 0.5 cm de diámetro debido a la rápida descomposición de las mismas lo que imposibilitó disponer de material suficiente para realizar los análisis por muestra. De esta manera, y para esta categoría, se realizó una muestra compuesta para ser enviada a laboratorio.

Se evaluó la pérdida de peso como peso remanente, las variaciones en concentración y contenido de P, N y la relación C/N. Adicionalmente, se estimó la tasa de descomposición K mediante el ajuste del modelo $L_t = L_0 * e^{-kt}$ propuesto por OLSON (1963).

Donde L_0 es la masa en tiempo 0 y L_t es la masa remanente en tiempo t . El exponente k es la constante de descomposición que caracteriza a la tasa de descomposición de un determinado material. El cociente $0.693/K$ representa el tiempo necesario para que se descomponga el 50% de la masa, $3/K$ para que se descomponga el 95 % de la masa inicial y $5/K$ el tiempo para lograr una descomposición del 99 % de la masa original, mientras que $1/K$ se denomina tiempo de residencia del material (OLSON 1963). El ajuste del modelo se evaluó mediante la proporción de la varianza explicada. Esta proporción se define como el cociente entre la suma de cuadrados de la regresión y la suma de cuadrados totales. Este cociente es equivalente al coeficiente de regresión por lo que resulta una medida de fácil interpretación (MOTULSKY y RANSNAS 1987). Las concentraciones iniciales de C, N, P y las

relaciones entre ellos fueron analizadas mediante ANOVA y comparación de medias de Tukey, mientras que las tasas diarias de descomposición para cada período de extracción fueron relacionadas mediante correlación de Pearson frente a las concentraciones iniciales de N, P, las relaciones C/N, C/P y N/P y el tamaño de las raíces con el objeto de determinar que variable influye sobre el proceso de descomposición.

Para el análisis de varianza de las concentraciones iniciales de N, los datos en porcentaje fueron transformados mediante la computación del arcoseno de los mismos (ZAR 1999).

RESULTADOS

El análisis de las raíces de diferentes tamaños presentó concentraciones de carbono similares y una tendencia significativa, en el caso del fósforo, con mayores concentraciones en las raíces de diámetros inferiores y menores concentraciones en las de mayor diámetro (F: 24.02; $p < 0.01$).

En el caso del nitrógeno las diferencias no resultaron marcadas (F: 5.81; $p < 0.05$) como en el caso del fósforo aunque, es posible verificar la misma tendencia significativa de mayores concentraciones en los diámetros pequeños y menores en los diámetros mayores (tabla 1). La relación C/N y N/P presentaron patrones poco definidos mientras que la relación C/P presentó una tendencia definida (F: 12.26; $p < 0.01$) con valores que descienden de manera significativa a medida que disminuye el tamaño de las raíces (tabla 1).

La pérdida de peso seco presentó una clara tendencia relacionada al tamaño de las raíces. Las raíces de menor diámetro (<0.5 cm y 0.5-1 cm) presentaron el mismo patrón de pérdida de peso caracterizado por una primer etapa de 30 días aproximadamente en la cual se verifica una rápida pérdida de peso, seguido de una disminución de la descomposición entre los 30 y 60 días para posteriormente continuar el proceso con una intensidad intermedia. Las raíces de tamaño intermedio (1-2.5 cm y 2.5-5 cm) presentaron dos momentos de disminución de pérdida de peso manifestados entre los 30-60 días de iniciado el estudio y entre los 120 y 240 días. En el caso de las raíces de mayor tamaño (>5 cm de diámetro) la descomposición fue moderada hasta los 240 días de iniciado el ensayo para luego incrementarse de manera similar a las raíces de tamaño intermedio, manifestando tasas mayores a las que presentaron las raíces de menor tamaño para este período.

El cálculo de la tasa de descomposición K para la pérdida de peso seco resultó significativa en todos los casos y presentó valores altos de la proporción de varianza explicada por el modelo. Los valores de K siguieron una clara tendencia ($< 0.5 > 0.5-1 > 1-2.5 > 2.5-5 > (>5)$) mientras que los valores de residencia, vida media ($0.693/K$), 95 % y 99 % presentaron una lógica tendencia inversa a la encontrada para K .

Los valores de vida media (50% del material descompuesto) muestran valores inferiores a ½ año para las raíces menores a 2.5 cm de diámetro mientras que

para las de mayor diámetro los valores fueron entre 0.7 y 0.8 años como tiempo necesario para perder la mitad de su peso seco inicial (tabla 2). Al año de instalado el ensayo las raíces < 0.5 cm de diámetro perdieron el 78

% del peso seco inicial mientras que las raíces > 5 de diámetro solo el 68 % de su peso inicial (tabla 2).

Tabla 1. Concentraciones iniciales de carbono (C %), nitrógeno (N%), fósforo (ppm) y las respectivas relaciones C/N, C/P y N/P para los diferentes diámetros de raíces de *Pinus taeda* (n: 3).

Table1. Concentrations of carbon (C%), nitrogen (N%), phosphorus (ppm) and C/N, C/P and N/P ratios for the different diameter roots in *Pinus taeda* (n:3).

| Tamaño | C% | N% | P(ppm) | C/N | C/P | N/P |
|--------|-------------------|--------------------------------|-----------------------------------|----------------------|------------------------------------|------------------|
| < 0.5 | 47.52 (± 0.24) | 0.74 ^a (± 0.12) | 1191.23 ^a (± 75.78) | 68.36 (± 11.94) | 401.99 ^a (± 24.44) | 6.11 (± 0.68) |
| 0.5-1 | 48.26 (± 0.14) | 0.32 ^{ab} (± 0.14) | 749.33 ^b (± 57.74) | 205.91 (± 62.32) | 652.61 ^{ab} (± 55.36) | 4.12 (± 1.59) |
| 1-2.5 | 47.93 (± 0.21) | 0.34 ^{ab} (± 0.06) | 569.33 ^{bc} (± 84.29) | 151.65 (± 28.74) | 875.75 ^{bc} (± 115.06) | 6.42 (± 1.75) |
| 2.5-5 | 47.81 (± 0.46) | 0.14 ^b (± 0.02) | 498.53 ^{bc} (± 43.66) | 358.78 (± 46.82) | 974.48 ^{bc} (± 89.58) | 2.77 (± 0.26) |
| > 5 | 48.13 (± 0.36) | 0.26 ^b (± 0.09) | 414.27 ^c (± 42.29) | 272.88 (± 137.51) | 1184.24 ^c (± 109.68) | 6.34 (± 2.07) |

* Letras diferentes indican diferencias significativas mediante test de Tukey (p<0.05).

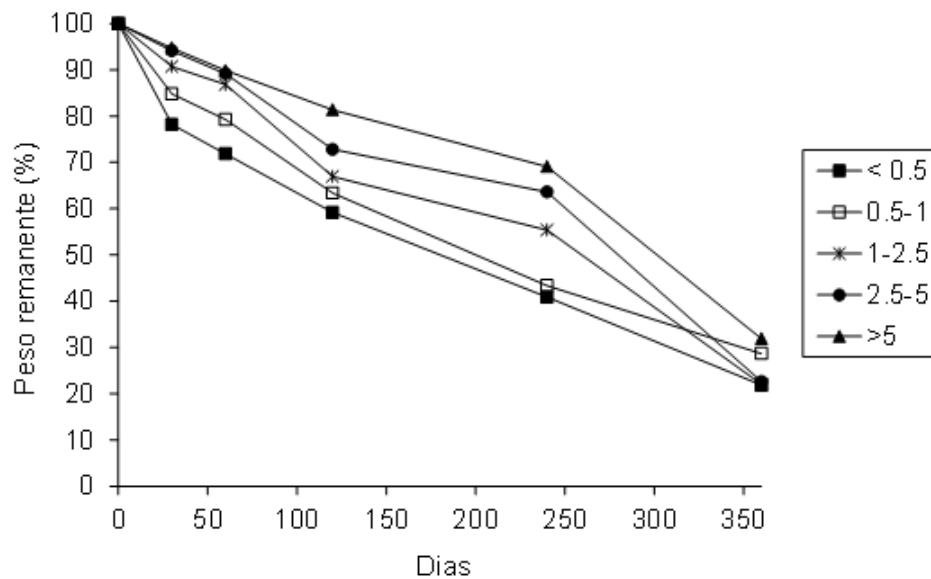


Figura 1. Peso seco remanente para raíces de *Pinus taeda* de diferentes diámetros en los períodos de extracción.

Figure 1. Remaining dry mass of different diameter roots of *Pinus taeda* in different extraction periods.

Tabla 2. Valores de las tasas de descomposición k (diaria), K (anual), 1/K (residencia), 0.693/K (vida media), 3/K (95%) y 5/K (99%) para los diferentes diámetros de raíces de *Pinus taeda*. El valor R indica la proporción de varianza explicada por el ajuste del modelo.

Table 2. Decay rates k (daily), K (annual), 1/K (residence), 0.693/K (half life), 3/K (95%) and 5/K (99%) for the different diameter roots of *Pinus taeda*. The R value indicates the proportion of variance explained by the model fit.

| Diámetro | % pérdida peso | R | k | K | 1/K | 0.69 | 3/ | 5/ |
|----------|----------------|------|--------|------|------------|------|------|------|
| | | | | | Residencia | 3/K | K | K |
| >5 | 68.13 | 0.93 | 0.0022 | 0.80 | 1.25 | 0.80 | 3.74 | 6.23 |
| 2.5-5 | 77.39 | 0.83 | 0.0026 | 0.95 | 1.05 | 0.67 | 3.16 | 5.27 |
| 1-2.5 | 77.99 | 0.82 | 0.0033 | 1.20 | 0.83 | 0.53 | 2.49 | 4.15 |
| 0.5-1 | 71.35 | 0.92 | 0.0036 | 1.31 | 0.76 | 0.49 | 2.28 | 3.81 |
| < 0.5 | 78.17 | 0.85 | 0.0043 | 1.57 | 0.64 | 0.41 | 1.91 | 3.19 |

En el caso de la liberación de fósforo y nitrógeno, estos presentaron diferentes comportamiento durante el periodo de estudio. El fósforo mostró una alta tasa de liberación durante los primeros 50 días de iniciada la experiencia para posteriormente mostrar una fuerte inmovilización a los 240 días coincidente con los meses de invierno. La liberación inicial de fósforo no presentó relación alguna a los tamaños de las raíces (figura 2 a). Las raíces de < 0.5, 1-2.5 y 2.5-5 cm de diámetro fueron las que inmovilizaron una mayor cantidad de fósforo en el invierno (figura 2 a). Los valores de fósforo remanente luego de un año se ubicaron por debajo del 20 % del contenido de fósforo inicial con excepción de las raíces < 5 cm de diámetro cuyos valores fueron inferiores al 10 % (figura 2 a).

La concentración de fósforo presentó un patrón similar al fósforo remanente con una marcada disminución en los primeros 60 días de iniciado el ensayo y luego un notable aumento, particularmente en raíces < 5 cm de diámetro, en los meses invernales coincidentes con la inmovilización mencionada anteriormente. Posteriormente, los valores descienden en primavera (día 360) a niveles similares a los alcanzados a los 60 días de iniciado el ensayo (figura 2 b).

A diferencia de las cantidades remanentes, la concentración mantuvo el patrón observado al inicio del ensayo con mayores concentraciones en las raíces más finas.

El nitrógeno presentó patrones de liberación diferentes para los distintos tamaños de raíces (figura 2 c). Las raíces de 1-2.5 cm y 2.5-5 cm de diámetro mostraron una rápida inmovilización de nitrógeno del suelo en los primeros 30 días con valores 120 % y 186 % respectivamente. Por su parte, las raíces > 5 cm; 0.5-1 cm y < 0.5 cm de diámetro presentaron liberación del 30 % en el caso de las dos primeras y solo 10% en las últimas. A partir de los 30 días las raíces que inmovilizaron nitrógeno comienzan a liberarlo y por el contrario aquellas que durante el primer mes liberaron

comienzan a inmovilizar. En el caso de las raíces < 0.5 cm de diámetro, estas continúan liberando nitrógeno hasta los 60 días hasta alcanzar un 50% para posteriormente estabilizarse hasta los 240 días y liberar una pequeña proporción al finalizar el estudio. En el resto de los tamaños se verificó una inmovilización neta que en el caso de las raíces de 2.5-5 cm de diámetro resultó marcadamente elevada con un valor de 150 % por encima del contenido inicial de nitrógeno. Al año de iniciado el ensayo solo las raíces de 1-2.5 y < 0.5 cm de diámetro presentaron liberación de nitrógeno con valores de 40 % y 70 % respectivamente.

La concentración de nitrógeno en la materia seca fue en aumento desde el inicio de la experiencia, finalizando con una tendencia similar a la inicial aunque con valores de concentraciones mayores en todos los casos (figura 2 d).

El cálculo de las tasas de mineralización de fósforo mediante el ajuste del modelo exponencial resultó significativo en todos los casos con valores de varianza explicados por el modelo de 0.80 a 0.60. Las tasas anuales estimadas fueron elevadas en todos los casos con valores superiores a 4 y un máximo de 8 reflejando la movilidad de este elemento. En especial las tasas anuales de las raíces de 2.5-5 cm y < 0.5 cm fueron las de valor más elevado (tabla 3). Estos valores de K generan valores de residencia y vida media extremadamente bajos y aun los valores de 5/K superan sensiblemente, solo en dos casos, al año. Los valores observados de P mineralizado difieren de los estimados siendo de 92 % como máximo al año de iniciado el presente estudio (tabla 3).

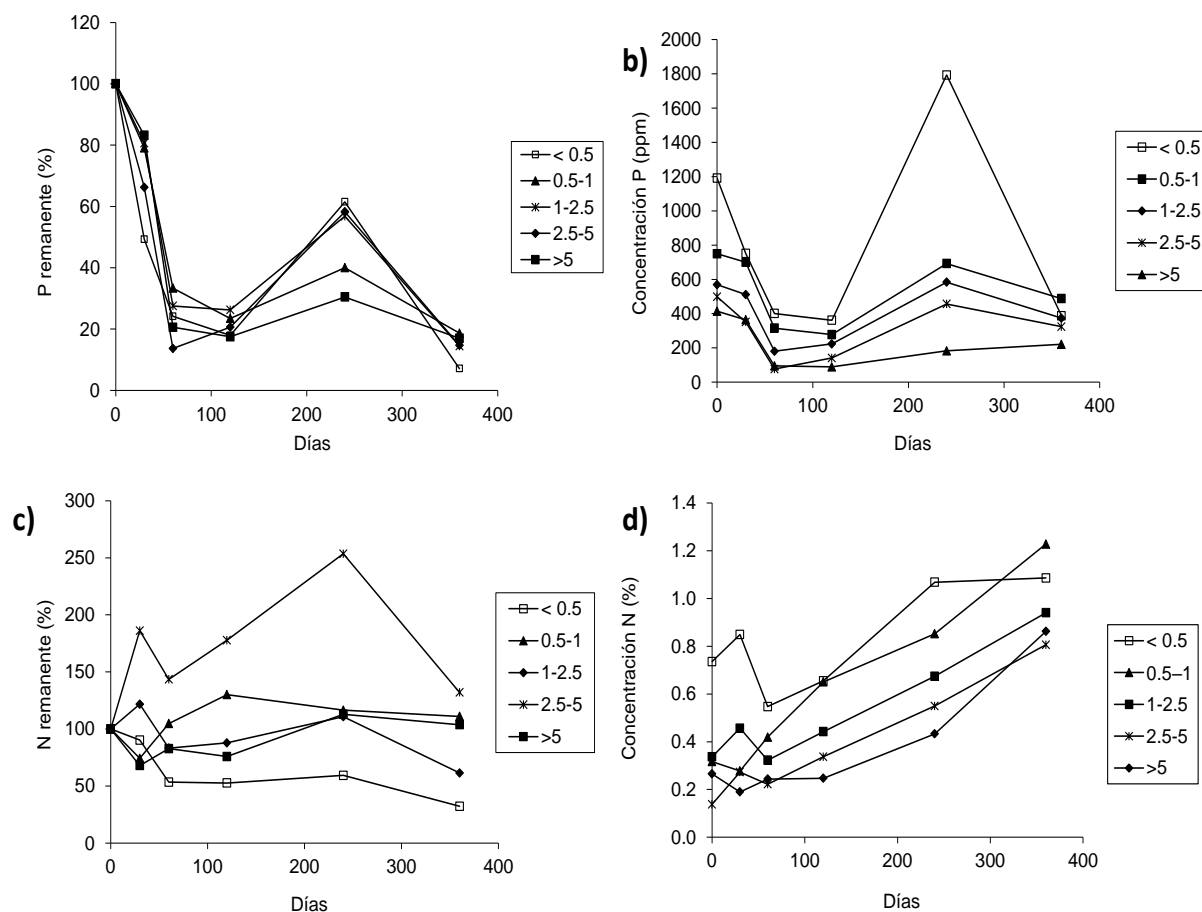


Figura 2. a) fósforo remanente (%); b) concentración de fósforo en materia seca (ppm); c) nitrógeno remanente (%) y d) concentración de nitrógeno (%) en raíces de *Pinus taeda* de diferentes diámetros.
 Figure 2. a) remaining phosphorus (%); b) phosphorus concentration in dry matter (ppm); c) remaining nitrogen (%); and d) nitrogen concentration (%) in roots of different diameters of *Pinus taeda*.

Tabla 3, Valores de las tasas de mineralización de fósforo k (diaria), K (anual), 1/K (residencia), 0.693/K (vida media), 3/K (95%) y 5/K (99%) para los diferentes diámetros de raíces de *Pinus taeda*. El valor R indica la proporción de varianza explicada por el ajuste del modelo.

Table 3. Phosphorus mineralization rates k (daily), K (annual), 1/K (residence), 0.693/K (half life), 3/K (95%) and 5/K (99%) for the different diameter roots of *Pinus taeda*. The R value indicates the proportion of variance explained by the model fit.

| Diámetro | % P Mineralizado | R ² | k | K | 0. | | | |
|----------|------------------|----------------|-------|------|------------|-------|------|------|
| | | | | | 1/K | 693/K | /K | /K |
| | | | | | Residencia | 50% | 95% | 99% |
| >5 | 82.98 | 0.73 | 0.015 | 5.54 | 0.2 | 0.12 | 0.54 | 0.90 |
| 2.5-5 | 85.32 | 0.60 | 0.021 | 7.52 | 0.1 | 0.09 | 0.40 | 0.66 |
| 1-2.5 | 85.55 | 0.71 | 0.013 | 4.85 | 0.2 | 0.14 | 0.62 | 1.03 |
| 0.5-1 | 81.35 | 0.75 | 0.013 | 4.69 | 0.2 | 0.15 | 0.64 | 1.07 |
| <0.5 | 92.90 | 0.80 | 0.022 | 7.81 | 0.1 | 0.09 | 0.38 | 0.64 |

El cálculo de la tasa de mineralización de nitrógeno resulto únicamente significativa para las raíces < 0.5 cm y 1-2.5 cm de diámetro, aunque con bajos valores de varianza explicada por el modelo. En el caso de las raíces < 0.5 cm de diámetro los valores de

residencia y vida media fueron menores al año mientras que en el caso de las raíces de 1-2.5 cm de diámetro los valores fueron de 4 y 3 años respectivamente (tabla 4).

Los valores de nitrógeno mineralizado al finalizar el estudio fueron negativos para las raíces > 5

cm, 2.5-5 cm y 0.5-1 cm de diámetro con valores de hasta -32 % lo que representa una inmovilización neta. En el caso de las raíces < 0.5 cm de diámetro el 67 % fue mineralizado mientras que en el caso de las raíces de 1-2.5 cm la cantidad mineralizada alcanzó 39 % aproximadamente (tabla 4).

La relación C/N de las raíces presentó diferentes patrones durante los primeros 60 días, a partir de los cuales desciende paulatinamente a valores similares para todos los tamaños de raíces (figura 3 a).

La relación C/P mostró un patrón más definido con un pequeño aumento en los 30 días (figura 3 b). Posteriormente, se manifiesta a los 60 días un marcado incremento en los valores correspondientes a las raíces de 2.5-5 cm y > 5 cm de diámetro mientras que en el resto de los tamaños el incremento de la relación no fue de igual magnitud. A partir de los 60 días los valores decrecen hasta los 240 días a valores por debajo de los 2000, excepto para las raíces > 5 cm que mantuvieron valores elevados. En el último periodo se verificó un pequeño aumento de los valores.

La relación N/P presentó un leve aumento durante los primeros 30 días para luego mostrar un marcado aumento a los 60 días (figura 3 c). Este marcado aumento se verificó en las raíces más gruesas mientras que las más finas presentaron aumentos hasta los 120 días inclusive para luego descender hasta los 240 días. En el caso de las raíces > 5 cm de diámetro, la

disminución de los valores no se verificó. A los 360 días los valores aumentaron considerablemente, resultando las raíces > 5 cm con valores de 40 aproximadamente en la relación N/P, mientras que el resto de los tamaños presentaban valores entre 20 y 25.

Las correlaciones entre la pérdida de peso seco en cada extracción y la concentración inicial de nitrógeno y fósforo y el tamaño de las raíces muestran que hasta los 60 días la correlación es alta para las tres variables, siendo la concentración inicial de fósforo y el tamaño de las raíces las que presentaron la mayor relación con la pérdida de peso o tasa de descomposición (tabla 5). La relación disminuye hasta los 240 días siendo el tamaño la variable que presentó la relación más estrecha con la pérdida de peso. Las relaciones resultaron no significativas para el último periodo para todas las variables.

Por otra parte la relación C/P resultó más estrechamente correlacionada a la pérdida de peso en comparación a la relación C/N y N/P. Durante el último periodo de incubación entre los 240-360 días, al igual que las concentraciones de los elementos analizados y el tamaño de las raíces, las relaciones resultaron no significativas (Tabla 5).

Tabla 4. Valores de las tasas de mineralización de nitrógeno k (diaria), K (anual), 1/K (residencia), 0.693/K (vida media), 3/K (95%) y 5/K (99%) para los diferentes diámetros de raíces de *Pinus taeda*. El valor R indica la proporción de varianza explicada por el ajuste del modelo.

Table 4. Nitrogen mineralization rates k (daily), K (annual), 1/K (residence), 0.693/K (half life), 3/K (95%) and 5/K (99%) for the different diameter roots of *Pinus taeda*. The R values indicates the proportion of variance explained by the model fit.

| Diámetro | % N Mineralizado | R ² | k | K | 1/K | 0.693/K | 3/K | 5/K |
|----------|------------------|----------------|--------|------|------------|---------|------|------|
| | | | | | Residencia | 50% | 95% | 99% |
| >5 | -3.67 | 0.0 | 0.0004 | 0.13 | 7.9 | 5.5 | 23.6 | 39.4 |
| 2.5-5 | -32.05 | 0.0 | - | - | - | - | - | - |
| 1-2.5 | 38.60 | 0.3 | 0.0007 | 0.24 | 4.2 | 2.9 | 12.5 | 20.8 |
| 0.5-1 | -11.00 | 0.16 | - | - | - | - | - | - |
| < 0.5 | 67.77 | 0.26 | 0.0036 | 1.30 | 0.8 | 0.5 | 2.3 | 3.8 |

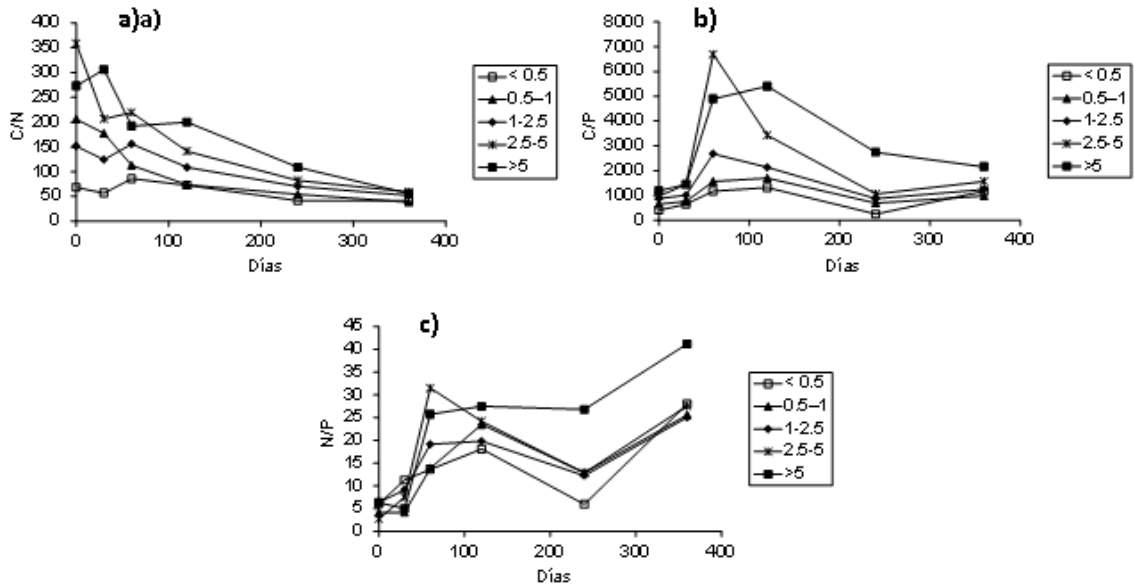


Figura 3. a) Relación C/N, b) Relación C/P y c) Relación N/P en raíces de *Pinus taeda* de diferentes diámetros durante los diferentes períodos de incubación.

Figure 3. a) C/N ratio, C/P ratio and N/P ratio in different diameter roots of *Pinus taeda* in incubation periods.

Tabla 5. Correlación de Pearson entre la tasa de descomposición diaria (%) y las concentraciones de N (%), P (ppm), el tamaño de las raíces (cm) y las relaciones de las concentraciones de los elementos analizados C/N, C/P y N/P en raíces de *Pinus taeda* para cada período de extracción.

Table 5. Pearson correlation between the daily decomposition rate (%) and N concentrations (%), P (ppm), the size of the roots (cm) and the ratios of the concentrations of the analyzed elements C / N, C / P and N / P in roots of *Pinus taeda* for each extraction period.

| | Tasa Diaria Descomposición (%) | | | | |
|----------|--------------------------------|----------|----------|----------|----------|
| | 30 | 60 | 120 | 240 | 360 |
| Diámetro | -0.92 ** | -0.93** | -0.77** | -0.70 ** | -0.22 ns |
| P | 0.92 ** | 0.96 ** | 0.68 ** | 0.62 * | 0.26 ns |
| N | 0.85 ** | 0.87 ** | 0.56 * | 0.51 * | 0.20 ns |
| C/N | -0.80 ** | -0.77 ** | -0.60 * | -0.54 * | -0.20 ns |
| C/P | -0.92 ** | -0.95 ** | -0.77 ** | -0.68 ** | -0.29 ns |
| N/P | -0.22 ns | -0.17 ns | -0.01 ns | -0.04 ns | -0.06 ns |

Significancia del coeficiente de correlación de Pearson, *p < 0.05; ** p < 0.01; ns: no significativo; n: 15

DISCUSIÓN

Concentración inicial de Fósforo y Nitrógeno

Las concentraciones de nitrógeno resultaron similares, mayores o menores a las mencionadas por diferentes autores. SILVER y MIYA (2001) reportan concentraciones de nitrógeno levemente mayores con valores de 0.88 % y 0.54 % en raíces finas. ARUNACHALAM et al. (1996) menciona valores de

1.18-0.74 % en raíces finas de especies latifoliadas tropicales al igual que los valores de 0.88-0.60 % reportados por CAMIRÈ et al. 1991 para el caso de raíces menores a 1 cm de especies latifoliadas. En cambio, JOHN et al. (2002) reportan valores similares en raíces finas de *Pinus kesiya* Royle Ex. Gordon mientras que SCHEU y SCHAUERMANN (1994) mencionan valores inferiores con concentraciones de 0.52-0.69 % en raíces finas y 0.42-0.25% en raíces mayores a 1 cm de diámetro para especies latifoliadas.

En el caso del fósforo, los valores de concentración son mayores que los reportados para coníferas por SILVER y MIYA (2001), JOHN et al. (2002) para *Pinus kesiya* con y ARUNACHALAM et al. (1996) con valores cercanos a las 600 ppm. Sin embargo, GORDON y JACKSON (2000) mencionan valores promedios de 920 ppm en raíces finas. Estos valores son similares a las 900 ppm reportadas por ADAMS et al. (1987) en raíces finas de *Pinus taeda* en suelos ricos en nutrientes en EEUU.

Posiblemente, el suelo pueda influir sobre la concentración de fósforo principalmente. Por tratarse de un Entisol, la disponibilidad de fósforo es alta respecto a otros suelos de la región (MARTIARENA et al. 2014), pudiendo generar un consumo de lujo de este elemento por parte de las plantas y determinando las altas concentraciones aquí presentadas.

Pérdida de peso seco

Los valores estimados de la tasa de descomposición K de los diferentes tamaños resultaron superiores a los mencionados por diferentes autores. KING et al. (1997) determinaron valores diarios de 0.0016-0.0018 para raíces finas y un valor de 0.0010 para raíces mayores a 1 cm de diámetro. SILVER y MIYA (2001) mencionan valores anuales globales de 0.69 en raíces menores a 2 mm de diámetro y valores 0.20 para raíces mayores a 5 mm de diámetro. YANG et al. (2004) estimaron valores diarios de 0.002-0.0040 para una especie de conífera y una latifoliada en el subtrópico de china. Aun comparando con estudios realizados en zonas tropicales, los valores estimados en este trabajo son superiores al valor anual de 0.88 determinado por JOHN et al. (2002). Únicamente el valor anual de 1.8 encontrado por ARUNACHALAM et al. (1996) para raíces finas fue superior al aquí presentado.

Al finalizar el estudio, todos los tamaños perdieron al menos un 70 % del peso inicial reflejando la dinámica de la descomposición de las raíces de *Pinus taeda* en estos sistemas. Los valores de 3/K y 5/K reflejarían la resistencia de los tejidos restantes, los cuales posiblemente sean más ricos en lignina y otros componentes de lenta descomposición por parte de microorganismos. Es importante mencionar que se observó una activa presencia de micro y mesofauna del suelo interviniendo en la descomposición de las raíces, evidenciado en el caso de la mesofauna por galerías en el interior de las mismas.

La pérdida de peso seco marcó diferencias en el patrón presentado por las raíces finas y gruesas respectivamente. Es posible observar una rápida disminución en los primeros 30 días atribuibles a procesos de lixiviación de compuestos solubles y la utilización por parte de microorganismos de compuestos energéticos de rápida degradación. A partir de este momento las tasas disminuyeron posiblemente debido a la presencia de compuestos de difícil degradación como lignina y celulosa. Sin embargo, las raíces más finas

mantuvieron una tasa más lenta pero constante mientras que las raíces más gruesas presentaron un patrón cambiante. Estos patrones podrían estar determinados por la influencia de las micorrizas en el proceso de descomposición de la materia orgánica del suelo. En este sentido, diferentes estudios han demostrado el rol de las micorrizas en la descomposición de la materia orgánica del suelo como organismos descomponedores (HODGE et al. 2001, LINDAHL et al. 2006, MOSCA et al. 2007, TALBOT et al. 2008) o como condicionantes en el proceso debido a la formación de sus paredes celulares o por la formación de compuestos secundarios de difícil descomposición (LANGLEY y HUNGATE 2003; LANGLEY et al. 2006). En especial las ectomicorrizas jugarían un rol fundamental en la descomposición de las raíces finas mientras que las micorrizas arbusculares no generarían efectos negativos sobre la tasa de descomposición de las raíces finas (LANGLEY y HUNGATE 2003). Sin embargo, FAN y GUO (2010) asignan un rol similar a las micorrizas arbusculares principalmente por la formación de compuestos carbonados de baja calidad. Si bien las ectomicorrizas generalmente están asociadas a bosques templados, GIACHINI et al. (2004) encontraron importantes asociaciones de ectomicorrizas en plantaciones de *Pinus taeda* al sur de Brasil y por lo tanto sería posible que estos hongos intervengan en el proceso de descomposición de raíces en el presente estudio. Por otra parte, ARUNACHALAM et al. (1996) encontraron fluctuaciones estacionales debidas a cambios de la precipitación y temperatura en India en coincidencia con diferentes autores que encontraron influencia de estos factores sobre las tasas de descomposición de raíces.

La concentración inicial de elementos como el nitrógeno y fósforo y compuestos estructurales son mencionados como determinantes de las tasas de descomposición (LAMBERS et al. 1998, OSTERTAG y HOBBIE 1999, YANG et al. 2004) mientras que otros mencionan al tamaño como condicionante de las mismas (KING et al. 1997).

En el presente estudio tanto el fósforo como el tamaño de las raíces resultaron las variables que mayor relación con la pérdida de peso presentaron durante los primeros meses para posteriormente ser el tamaño la variable más relacionada. Esta relación inicial, la alta concentración de fósforo y la característica del suelo podría explicar la alta tasa de descomposición exhibida por las raíces en este estudio.

Por otra parte, la relación C/P resultó ser la que más influyó sobre la tasa de descomposición, posiblemente debido a la alta correlación entre el fósforo y la tasa de descomposición.

Mineralización de Fósforo y Nitrógeno

El fósforo exhibió una rápida liberación durante el primer año con valores de más de 80 % de fósforo mineralizado a los 360 días. Estos valores como así también los valores de K estimados resultan claramente

superiores a los reportados por otros estudios (ARUNACHALAM et al. 1996, KING et al. 1997, OSTERTAG y HOBBIE 1999, YANG et al. 2004).

La rápida liberación del fósforo durante las primeras etapas del estudio pueden deberse principalmente a lixiviación aunque se verifica una marcada inmovilización en los meses de invierno. Este comportamiento coincide con lo reportado por ARUNACHALAM et al. (1996) y JOHN et al. (2002). Por su parte MOSCA et al. (2007) encontraron que ectomicorrizas aumentaron la actividad enzimática en el suelo de un bosque sometido a raleo durante los meses de invierno y lo atribuyeron a la actividad saprofítica de las micorrizas durante la época de menor crecimiento de los árboles hospederos. Por lo tanto, esta actividad de las micorrizas podría generar la inmovilización del fósforo como parte de sus componentes estructurales, en especial en las raíces de menor tamaño.

Los valores estimados de la tasa de mineralización son marcadamente superiores a los valores mencionados para raíces en zonas templadas (KING et al. 1997) y aun para zonas tropicales. ARUNACHALAM et al. (1996) reportan valores de 0.58-1.13 para raíces de bosques subtropicales mientras que JOHN et al. (2002) reportan valores de 1.25-1.61 para *Pinus kesiya* en India. Sin embargo, estas altas tasas son similares a las encontradas para el mantillo de cultivos en zonas tropicales (COBO et al. 2004). Las tasas de mineralización estimadas podrían originarse en parte por la fuerte liberación producida en el período de lixiviación, que en este caso resultó elevada, y la posterior actividad microbiana inducida por los altos contenidos de fósforo en las raíces de esta especie. Esta liberación de fósforo podría representar una fuente importante de este elemento para las plantas remanentes. VAN LEAR et al. (2000) encontraron aumentos en la productividad de *Pinus taeda* relacionada a la descomposición de raíces luego de la corta de individuos maduros, principalmente debido a la utilización por parte de las raíces vivas de los espacios ocupados por las raíces en descomposición y la liberación de nutrientes provenientes de las mismas. MOSCA et al. (2007) encontraron una rápida respuesta enzimática de las micorrizas asociadas con árboles luego de una intervención de raleo. Las micorrizas poseen la capacidad de extraer fósforo de las raíces senescentes, particularmente de tejidos de difícil descomposición para otros microorganismos como las paredes celulares de las propias micorrizas que son de difícil descomposición y ricas en fósforo (LANGLEY y HUNGATE 2003). La escasa disponibilidad de fósforo en los suelos de la zona refleja la importancia de fuentes de este elemento para el desarrollo y crecimiento de las plantas en los sistemas productivos de la región y el rol que pueden jugar las raíces de *Pinus taeda* en descomposición dentro de los mismos.

En el caso del nitrógeno, el comportamiento de los diferentes tamaños resultó errático. En líneas generales, las raíces significaron un sumidero de nitrógeno ya que fue inmovilizado e incluso tomado del

suelo, excepto para el caso de las raíces más finas que presentaron mineralización neta del mismo durante el período en estudio. Si bien la mayoría de los estudios reflejan mineralización neta de nitrógeno (ARUNACHALAM et al. 1996, OSTERTAG y HOBBIE 1999, SCHEFFER y AERTS 2000, JOHN et al. 2002, YANG et al. 2004, TRIPATHI et al. 2006; FAN y GUO 2010), las tasas de mineralización y la inmovilización coincide con diversos autores que encontraron marcadas inmovilizaciones de nitrógeno durante la descomposición de raíces (SCHEU y SCHAUERMANN 1994, OSTERTAG y HOBBIE 1999, GUO et al. 2006). Por otra parte, CAMIRÉ et al. (1991) encontraron que raíces ricas en nitrógeno presentaban menores tasas de descomposición y una mayor inmovilización de nitrógeno debido a la formación de compuestos derivados de lignina y nitrógeno. Como se mencionó anteriormente, las micorrizas jugarían un rol fundamental en la mineralización de este elemento. FAN y GUO (2010) encontraron que raíces de menor tamaño y con presencia de micorrizas, con baja relación C/N o ricas en N presentaban bajas tasas de mineralización. En contraste, la descomposición de raíces de mayor tamaño y con compuestos de C lábiles, pero menos ricas en N, presentaron mayores tasas de descomposición e inmovilizaciones periódicas de N. Esto indicaría que tejidos con bajas concentraciones de nitrógeno deberían descomponerse más rápidamente que aquellos con altas concentraciones, situación que no se verificó en este estudio. En particular, los valores de C/N encontrados en el presente estudio se contraponen a lo mencionado ya que solo las raíces que presentaron las relaciones más bajas liberaron nitrógeno mientras que, aquellos tamaños con valores altos y por lo tanto menos ricos en nitrógeno, presentaron inmovilización neta de este elemento. Posiblemente el tamaño de las raíces estudiadas en el presente trabajo, al ser mayor que los estudios citados, presenten una descomposición y mineralización de N atribuible a la actividad saprofítica de las micorrizas sobre tejidos no colonizados antes de la senescencia y por lo tanto reflejaría la influencia de las micorrizas luego de un raleo de acuerdo con MOSCA et al. (2007). De esta manera, la descomposición y mineralización de los tejidos más jóvenes y ricos en N presentaría mayores tasas que los tejidos maduros y pobres en este elemento.

En el caso del N se verifica una inmovilización invernal sobre las raíces de mayor tamaño que podría indicar una rápida mineralización del N en las raíces de menor tamaño, coincidente con una rápida tasa de descomposición, mientras que en las raíces mayores el proceso de descomposición demandaría una mayor inmovilización del N en las estructuras de las micorrizas.

CONCLUSION

Las raíces de *Pinus taeda* presentaron elevadas tasas de descomposición y por lo tanto representarían un

sumidero de carbono muy dinámico dentro de los sistemas silvopastoriles. Las raíces en descomposición pueden significar una fuente directa de nutrientes para las plantas remanentes, especialmente para el fósforo que resulta el elemento limitante en los suelos de la región, mientras que en el caso del nitrógeno las raíces jugarían un papel importante en la retención del mismo.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Ing. Jorge Ranger y Ranger Maderas, por facilitar el sitio y personal de apoyo para llevar a cabo el presente estudio. El trabajo fue financiado parcialmente mediante el proyecto INTA, PAN 1991.

BIBLIOGRAFIA

- ADAMS M. B., Campbell R. G., Allen H. L., Davey C. B., 1987. Root and Foliar Nutrient Concentrations in Loblolly Pine: Effects of Season, Site, and Fertilization. *Forest Science*. 33, pp. 984-996.
- ARUNACHALAM A., Pandey H.N., Tripathi R.S., Maithani K., 1996. Fine root decomposition and nutrient mineralization patterns in a subtropical humid forest following tree cutting. *Forest Ecology and Management*. 86, pp 141-150.
- CAIRNS M.A., Brown S., Helmer E.H., Baumgardner G.A., 1997. Root biomass allocation in the world's upland forests. *Oecologia*. 111, pp 1-11.
- CAMIRÉ C., Côte B., Brulotte S., 1991. Decomposition of roots of black alder and hybrid poplar in short-rotation plantings: Nitrogen and lignin control. *Plant and Soil*. 138, pp 123-132.
- COBO J.G., Barrios E., Kass D.C.L., Thomas R.J., 2002. Decomposition and nutrient release by green manures in a tropical hillside agroecosystem. *Plant and Soil*. 240, pp 331-342.
- CHAPIN III S.F., Matson P.A., Mooney H.A., 2002. *Principles of terrestrial ecosystem ecology*. Springer Verlag. New York. USA. 436 pp.
- CHEN H., Harmon M.E., Griffiths R.P., 2001. Decomposition and nitrogen release from decomposing woody roots in coniferous forests of the Pacific Northwest: a chronosequence approach. *Canadian Journal of Forest Research*. 31, pp 246-260.
- FAHEY J., Hughes W., PU M., Arthur A., 1988. Root Decomposition and Nutrient Flux Following Whole-Tree Harvest of Northern Hardwood Forest. *Forest Science*. 34, pp 744-768.
- FAN P., Guo D., 2010. Slow decomposition of lower order roots: a key mechanism of root carbon and nutrient retention in the soil. *Oecologia*. 163, pp 509-515.
- GIACHINI A.J., Souza L.A.B., Oliveira V.L., 2004. Species richness and seasonal abundance of ectomycorrhizal fungi in plantations of *Eucalyptus dunnii* and *Pinus taeda* in southern Brazil. *Mycorrhiza*. 14, pp 375-381.
- GUO L.B., Halliday M.J., Gifford R.M., 2006. Fine root decomposition under grass and pine seedlings in controlled environmental conditions. *Applied Soil Ecology*. 33, pp 22-29.
- HODGE A., Campbell C.D., Fitter A.H., 2001. An arbuscular mycorrhizal fungus accelerates decomposition and acquires nitrogen directly from organic material. *Nature*. 413, pp 297-299.
- INTA, 1990. Atlas de suelos de la República Argentina. Tomo II. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Buenos Aires. Argentina. pp 111-154.
- JOHN B., Pandey R.S., Tripathi R.S., 2002. Decomposition of fine roots of *Pinus kesiya* and turnover of organic matter, N and P of coarse and fine pine roots and herbaceous roots and rhizomes in subtropical pine forest stands of different ages. *Biology and Fertility of Soils*. 35, pp 238-246.
- KING J.S., Allen H.L., Dougherty P., Strain B.R., 1997. Decomposition of roots in loblolly pine: Effects of nutrient and water availability and root size class on mass loss and nutrient dynamics. *Plant and Soil*. 195, pp 171-184.
- LAMBERS H., Chapin III F.S., Pons T.L., 1998. *Plant physiological ecology*. Springer Verlag. New York. 540 p.
- LANGLEY A.J., Hungate B.A., 2003. Mycorrhizal controls on belowground litter quality. *Ecology*. 84, pp 2302-2312.
- LANGLEY J.A., Chapman S.K., Hungate B.A., 2006. Ectomycorrhizal colonization slows root decomposition: the post-mortem fungal legacy. *Ecological Letters*. 9, pp 955-959.
- LINDAHL B.D., Ihrmark K., Boberg J., Trumbore S.E., Höglberg P., Stenlid J., Finlay R.D., 2006. Spatial separation of litter decomposition and mycorrhizal nitrogen uptake in a boreal forest. *New Phytologist*. 173, pp 611-620.
- MILLER A.T., Allen H.L., Maier C.A., 2006. Quantifying the coarse-root biomass of intensively managed loblolly pine plantations. *Canadian Journal of Forest Research*. 36, pp 12-22.

MOSCA E., Montecchio L., Scattolina L., Garbaye J., 2007. Enzymatic activities of three ectomycorrhizal types of *Quercus robur* L. in relation to tree decline and thinning. *Soil Biology and Biochemistry*. 39, pp 2897-2904.

MOTULSKY H.J., Ransnas L.A., 1987. Fitting curves to data using nonlinear regression: a practical and nonmathematical review. *Journal of the Federation of American Societies for experimental Biology*. 1, pp 365-374.

OLSON J.S., 1963. Energy storage and the balance of producers and decomposers in ecological systems. *Ecology*. 44, pp 322–331.

OSTERTAG R., Hobbie S.E., 1999. Early stages of root and leaf decomposition in Hawaiian forests: effects of nutrient availability. *Oecologia*. 121, pp 564-573.

ROBERTSON G.P., Paul E.A., 2000. Decomposition and soil organic matter dynamics. En: *Methods in ecosystem science*. Sala O.E., Jackson R.B., Mooney H.A., Howarth R.W. Springer Verlag. New York. Pp 104-116.

SCHEFFER R.A., Aerts R., 2000. Root decomposition and soil nutrient and carbon cycling in two temperate fen ecosystems. *Oikos*. 91, pp 541-549.

SCHEU S., Schauermann J., 1994. Decomposition of roots and twigs: Effects of wood type (beech and ash), diameter, site of exposure and macrofauna exclusion. *Plant and Soil*. 163, pp 13-24.

SILVER W.L., Miya R.K., 2001. Global patterns in root decomposition: comparisons of climate and litter quality effects. *Oecologia*. 129, pp 407-419.

SOIL SURVEY STAFF, 2010. *Keys to Soil Taxonomy*. Agriculture Handbooks 436, Eleventh Edition. NRCS, Washington DC, USA.

TALBOT J.M., Allison S.D., Treseder K.K., 2008. Decomposers in disguise: mycorrhizal fungi as regulators of soil C dynamics in ecosystems under global change. *Functional Ecology*. 22, pp 955-963.

TRIPATHI S.K., Sumida A., Shibata H., Ono K., Uemura S., Kodama Y., Hara T., 2006. Leaf litterfall and decomposition of different above- and

belowground parts of birch (*Betula ermanii*) trees and dwarf bamboo (*Sasa kurilensis*) shrubs in a young secondary forest in Northern Japan. *Biology and Fertility of Soils*. 43, pp 237-246.

VAN LEAR D.H., Kapeluck P.R., Carroll W.D., 2000. Productivity of loblolly pine as affected by decomposing root systems. *Forest Ecology and Management*. 138, pp 435-443.

YANG Y., Chen G., Guo J., Lin P., 2004. Decomposition dynamic of fine roots in a mixed forest of *Cunninghamia lanceolata* and *Tsoongiodendron odorum* in mid-subtropics. *Annals of Forest Science*. 61, pp 65–76.

ZAR J.H., 1999. *Biostatistical Analysis*. Prentice Hall. New Jersey.USA. 663 pp.

DETERMINACIÓN DE LA CORRELACIÓN ENTRE MEDICIONES DEL MODULO DE ELASTICIDAD “MOE” Y MODULO DE ROTURA “MOR” EN VIGAS LAMINADAS, POR ULTRASONIDO Y MAQUINA UNIVERSAL DE ENSAYOS

DETERMINATION OF THE CORRELATION
BETWEEN MEASUREMENTS OF MODULUS OF
ELASTICITY “MOE” AND MODULUS OF RUPTURE
“MOR” ON LAMINATED BEAMS, USING
ULTRASOUND AND UNIVERSAL TESTING
MACHINE

Fecha de recepción: 06/04/2015 // Fecha de aceptación: 21/12/2015

**Guillermo Gerardo
Grabher;
Elizabeth Weber;
Obdulio Pereyra;
Constantino Zaderenko**

Docentes de la Facultad de
Ciencias Forestales,
U.Na.M
email: guillermograbher@ya
hoo.com.ar

RESUMEN

En la Industria maderera existe la necesidad en contar con instrumentos que permitan conocer las propiedades mecánicas de la madera en forma rápida y confiable mediante ensayos no destructivos. Se realizó un estudio que permita comparar los valores obtenidos sobre vigas laminadas de *Pinus taeda* de producción local, con un equipo de ultrasonido Sylvatest con los de una Máquina Universal de Ensayos (MUE). El objetivo de este trabajo consiste en determinar la correlación estadística entre los resultados de ensayos no destructivos por ultrasonido y destructivos realizados en MUE. Se ensayaron 26 vigas laminadas tomadas al azar de las líneas de producción de industrias de la zona. El resultado del análisis estadístico de correlación permite concluir que las mediciones de Módulo de elasticidad (MOE) realizadas con Sylvatest poseen un

ABSTRACT

There is a need in Wood Industry that is to count with instruments capable of measuring the mechanical wood properties in a rapid and reliable way by means of non destructive tests. A study which allows to compare the obtained values of *Pinus taeda* laminated beams of local production with an ultrasound Sylvatest equipment against those obtained with the Universal Testing Machine was carried out. The objective of this study was to determine the statistical correlation between the results of non destructive ultrasound tests and destructive tests conducted on a Universal Testing Machine. A total of 26 *Pinus taeda* laminated beams taken randomly from production lines of two industries of the region were tested. The result of the statistic analysis allows to conclude that the Measurements of Modulus of Elasticity (MOE) done with Sylvatest have an average determination coefficient of $R^2 \sim 0,72$ compared with the measurements

coeficiente de determinación promedio de $R^2 \sim 0,72$, con respecto a las mediciones obtenidas en la MUE. El mismo análisis realizado para los valores de Módulo de rotura (MOR) con Sylvatest, son menores que con la MUE y también un coeficiente de determinación promedio igual a $R^2 \sim 0,60$.

Palabras clave: Ensayos destructivos y no destructivos, *Pinus taeda*, Vigas laminadas

obtained with the Universal Testing Machine. The same analysis done for Modulus of rupture gave measurements obtained with Sylvatest slightly lower to those obtained with the Universal Testing Machine and also an average coefficient of determination equals to ($R^2 \sim 0,60$).

Key words: Destructive and not destructive tests, *Pinus taeda*, laminate Beams

INTRODUCCIÓN

Observada la necesidad en la Industria de la Madera de contar con instrumentos que permitan obtener información rápida y confiable mediante ensayos no destructivos de las propiedades mecánicas de la madera y/o sus productos y teniendo en cuenta que los instrumentos que existen únicamente se encuentran adaptados a especies Europeas, se realizó un estudio que permite correlacionar los valores obtenidos con el “Sylvatest” que posee la Facultad de Ciencias Forestales con los obtenidos en la Máquina Universal de Ensayos, este último mediante ensayos destructivos.

Para ello se determinó los valores de Modulo de Elasticidad “MOE” y Modulo de Rotura “MOR” de vigas laminadas con ambos instrumentos y/o máquinas, para posteriormente establecer la correlación existente entre los mismos.

El Sylvatest es un equipo medianamente conocido y sofisticado, realiza mediciones mediante ultrasonido, que permite determinar valores de MOE y MOR, con escalas referidas a especies europeas como ser Oak, Spruce, Fir, Pine, (Roble, Piceas, Abeto, Pino), cuando se lo quiere utilizar con especies de la región, surge la duda de los resultados que arroja, debido a que las especies no son de las mismas características, lo que nos obliga a los efectos de poder confiar en los resultados, realizar previamente trabajos que permitan correlacionar entre valores arrojados por una Máquina Universal de Ensayos (Valores reales y confiables) y aquellos que arroja el Sylvatest.

El objetivo de este trabajo fue determinar la correlación entre los resultados de ensayos no destructivos por ultrasonido y ensayos destructivos de la máquina universal.

En la actualidad uno de los productos de madera que esta muy difundido desde el punto de vista estructural, son las vigas multilaminadas, según (DEMCOFF, 2003) las denomina también, madera laminada encolada (MLE) y las define como: piezas de sección transversal rectangular de ancho fijo y altura constante o variable y de eje recto o curvo, constituidos por láminas o tablas unidas en forma irreversible con un adhesivo específicamente

formulado. El espesor normal de las láminas varía entre 20 y 45 mm. Los elementos de madera laminada encolada no deben contener, bajo ninguna circunstancia, clavos o grapas como elementos vinculantes de las tablas. El encolado es la vinculación más efectiva, no acarrea disminución de sección y su efectividad aumenta en algunos casos la resistencia nominal de las secciones. La altura de los elementos de vigas o arcos puede ser constante o variable, y su dimensión en largo esta limitada solo por las posibilidades de transporte.

La evaluación a través de ensayos no destructivos por técnicas acústicas y de ultrasonido han sido estudiadas y analizadas por más de 30 años. En el estudio de (FUENTEALBA y BARADIT 2000) cita los antecedentes sobre el uso de estas técnicas como el de: Detección de Fracturas: Grietas internas (DEBAISE, 1966); Caracterización del material: determinación de constantes elásticas (BUCUR, 1995; PREZIOSA 1981, HEARMON, 1956) y estudio de la anisotropía (BUCUR, 1984); Calidad de madera: detección de nudos, clasificación de la madera, densidad; Deterioración de la madera: daño por hongos y termitas (BEALL y WILCOX, 1987), Calidad de unión: estudio de la unión adhesiva en vigas laminadas (REIS, 1990), Fraguado de adhesivos: monitoreo del fraguado de adhesivos in situ (BEALL, 1987, 1996).

Hoy en día existe la necesidad de desarrollar técnicas de evaluación no destructivas de maderas y compuestos de madera con la finalidad de asegurar la integridad de un amplio rango de materiales. La utilización de estas técnicas pueden ser muy útiles para obtener información necesaria para el diseño y rendimiento de estructuras de madera, reduciendo costos y riesgos de uso final (SANDOZ, 1989).

Con el fin de encontrar nuevas técnicas que sean más eficientes en términos de costos, confiabilidad y tiempos más cortos de obtención de resultados, se hace indispensable conocer las propiedades de la madera por métodos convencionales de modo de poder decidir, comparar y concluir respecto a la nueva alternativa propuesta. El parámetro más utilizado y conocido es el módulo de elasticidad del ensayo de flexión. La determinación de la elasticidad de ensayos de compresión es muy poco utilizada, debido tanto a los costos involucrados como a la complejidad del ensayo.

Según (O'NEILL, 2004) la tendencia mundial está orientada hacia la evaluación mecánica no destructiva. En la actualidad existen muchos equipos y metodologías no destructivas para la estimación de las propiedades físico mecánicas de la madera, en árboles en pie, en trozas, en rollizos o columnas, como también en vigas, tirantes y tablas. Algunos funcionan mediante la medición de la velocidad de ondas inducidas por impacto o por ultrasonido, otros por frecuencia vibración longitudinal, también por la extracción de tarugos de 12 mm y por penetración de un émbolo en la madera. En la siguiente tabla 1 (O'NEILL 2004) presenta para *Pinus taeda*, el coeficiente de correlación (r) entre los valores de módulo de elasticidad determinado mediante el ensayo de flexión estática en máquina universal (método de referencia) y los valores resultantes de los ensayos no destructivos en distintas condiciones.

La alta correlación que existe entre el método destructivo y los métodos no destructivos nos permite afirmar que estos métodos son aptos para la estimación de la calidad de madera para uso estructural.

BALLARIN, A. W.; NOGUEIRA, M. 2002, presentan la correlación lineal entre MOE obtenido por ultrasonido y MOE obtenido en la Máquina Universal de Ensayos para tres especies de *Eucaliptus*.

MATERIALES Y MÉTODOS

En el desarrollo del presente trabajo se utilizaron los siguientes materiales: taladro manual; Xilohigrometro (Medidor de humedad por contacto); Calibre y cinta métrica.

Vigas Laminadas

Se ensayaron 26 vigas laminadas de *Pinus taeda*, 16 de ellas con una escuadría nominal de 3" x 6" x 10' (75 x 155 x 3000 mm) y las otras 10 con

escuadría nominal de 3" x 5" x 10' (75 x 140 x 3000mm) de carácter comercial obtenidas por donación de empresas de la zona que elaboran este tipo de producto.

El adhesivo utilizado en las 16 primeras vigas es vinílico tipo D3 en las uniones finger y una combinación de urea melamina en las uniones de láminas, en las 10 restantes se utilizó adhesivo tipo Resorcinol.

Sylvatest

Es un equipo que permite a través del ultrasonido, la clasificación de la madera según sus propiedades mecánicas. Es de origen Suizo y fue desarrollado por IBOIS (Instituto Federal de Tecnología de Suiza).

Este equipo tiene 2 cables de prueba (Figura 1). Dos de las salidas consisten en transductores piezoeléctricos, donde uno genera la onda a una frecuencia de 22 kHz ("sender") y el otro recibe la onda transmitida ("receiver"). Empleando el microprocesador se pueden realizar las mediciones, y los distintos parámetros (especie, tipo de sección y largo de la tabla) se pueden seleccionar con mucha facilidad.

Para conseguir el perfecto acoplamiento con la madera se efectúan orificios de 5 mm de diámetro y 10 mm de profundidad haciendo uso de una broca especial.

Máquina Electromecánica Universal de Ensayos (MUE)

Modelo 10407030 de procedencia Italiana fabricante DIDACTA, calibrada según Norma UNE, posee una capacidad de 300kN de fuerza accionada por un sistema electromecánico. (Figura 2).

Tabla 1: Correlación entre MOE Máquina Universal de Ensayos y MOE equipos de ensayos no destructivos
Table 1: Correlation between Modulus of Elasticity with Universal Testing Machine and Modulus of Elasticity with non destructive testing equipments.

| Máquina Universal Tablas secas | Fckapp | | | Sylvatest | | | FFT Analyzer | | |
|--------------------------------------|--------------------|----------------|-------|--------------------|----------------|-------|--------------|----------------|-------|
| | En árbol en pie | Tablas o vigas | | En árbol en pie | Tablas o vigas | | En trozas | Tablas o vigas | |
| | | Verdes | Secas | | Verdes | Secas | | Verdes | Secas |
| Correlación (r) | 0,855 | 0,823 | 0,916 | 0,878 | 0,826 | 0,932 | 0,830 | 0,930 | 0,957 |

Fuente: O'NEILL, 2004

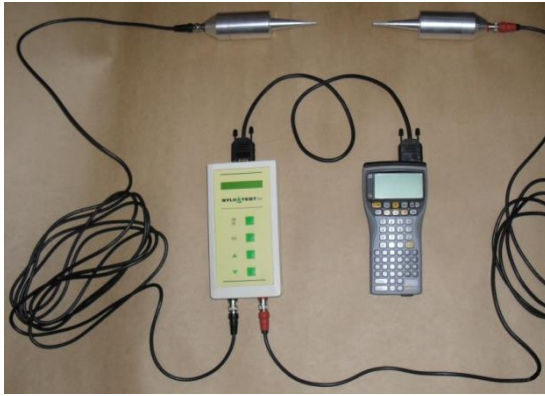


Figura 1: Equipo ultrasonido Sylvatest
Figure 1: Sylvatest ultrasound equipment



Figura 2: Máquina Electromecánica Universal de Ensayos
Figure 2: Electromechanic Universal Testing Machine.

Se identificaron las vigas a través de un código definido y con la ayuda de un medidor de humedad electrónico se determinó el contenido de humedad de cada pieza, obteniéndose un promedio de 12 % de las vigas, los ensayos para determinar la resistencia a la flexión en las vigas multilaminadas fueron realizados en 2 etapas:

Etapa 1: Correspondiente al ensayo no destructivo mediante ultrasonido utilizando el equipo Sylvatest.

Se realizaron las perforaciones necesarias en las vigas según lo indican las instrucciones del mencionado equipo combinando varias posiciones de los sensores (Figura 2), luego se procedió a realizar

las mediciones utilizando la especie “Pino” predefinida en el Sylvatest y en cada caso el tipo de medición “Directa” o “Indirecta” según correspondiera, se almacenaron los valores de MOE y MOR en la memoria del equipo y, además, se tabularon en forma manual.

Etapa 2: Correspondiente a la Máquina Electromecánica Universal de Ensayos

Se montaron los elementos auxiliares para este tipo de ensayo “flexión estática puntual” en la máquina, según norma UNE 408, luego se procedió a ensayar las vigas almacenando los datos y gráficos obtenidos en la PC comando del mencionado equipo, además los valores necesarios fueron tabulados manualmente.

Posteriormente los resultados de los ensayos realizados en ambos equipos fueron procesados por software estadístico obteniéndose de un análisis de regresión el grado de asociación entre ambas metodologías de ensayo.

RESULTADOS

Los resultados obtenidos de valores de MOE y MOR, para cada una de las vigas multilaminadas, fueron registrados, según sean, en la Máquina Universal de Ensayos o con el Sylvatest.

En los datos del Sylvatest, para cada viga se han obtenido 4 resultados, que están definido por la posición de los sensores dispuestos (a,b,c,d).

Para el caso de los resultados de los ensayos en la Máquina Universal de Ensayos, se toma un solo valor de MOE y MOR por cada viga, ya que son ensayos destructivos.

En la siguiente Tabla 1 se observa en resumen los datos correspondientes a cada posición de los sensores del Sylvatest y de la Máquina Universal de Ensayos.

Del análisis de los resultados se puede observar que los mismos son valores que se encuentran dentro de los estándares para estas especies.

Para determinar la correlación entre los valores en los 2 tipos de ensayos, se han procesado los mismos en un software estadístico, obteniéndose los gráficos de correlación (Gráfico 1 ejemplo de una correlación)

En la Tabla 2 se exponen los resultados de los coeficientes de determinación y de correlación obtenidos en el análisis de los datos.

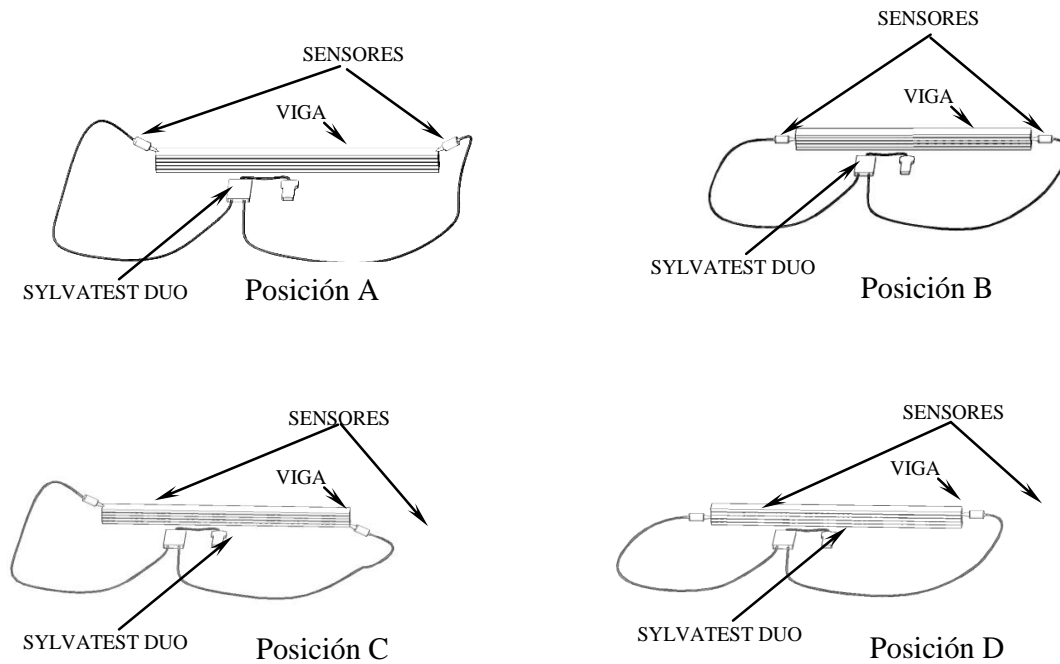


Figura 1: Distintas posiciones de los sensores del Sylvatest para la medición
Figure 1: Different positions of Sylvatest sensors for measurement.

Tabla 1: Resumen de datos de las posiciones de los sensores del Sylvatest y Máquina Universal de Ensayos
Table 1: Data summary of the positions of the Sylvatest sensors and the Universal Testing Machine.

| | Sylvatest | | | | | | | | Máquina Universal de Ensayos | |
|-----------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|------------------------------|----------------------|
| | Posición A | | Posición B | | Posición C | | Posición D | | MOE | MOR |
| | MOE [N/mm ²] | MOR [N/mm ²] | MOE [N/mm ²] | MOR [N/mm ²] | MOE [N/mm ²] | MOR [N/mm ²] | MOE [N/mm ²] | MOR [N/mm ²] | [N/mm ²] | [N/mm ²] |
| Mínimo | 4500,00 | 8,00 | 4558,26 | 8,00 | 4500,00 | 8,00 | 4500,00 | 8,00 | 5986,14 | 32,60 |
| Máximo | 12681,27 | 32,66 | 12619,11 | 32,42 | 11949,96 | 29,76 | 12433,98 | 31,68 | 12362,96 | 74,00 |
| Promedio | 9635,45 | 21,15 | 10044,02 | 22,55 | 9434,20 | 20,46 | 9988,98 | 22,38 | 9565,46 | 50,75 |
| Desvío | 2484,80 | 8,82 | 2191,10 | 7,92 | 2381,59 | 8,19 | 2167,14 | 7,73 | 1909,12 | 14,27 |
| CV % | 0,26 | 0,42 | 0,22 | 0,35 | 0,25 | 0,40 | 0,22 | 0,35 | 0,20 | 0,28 |

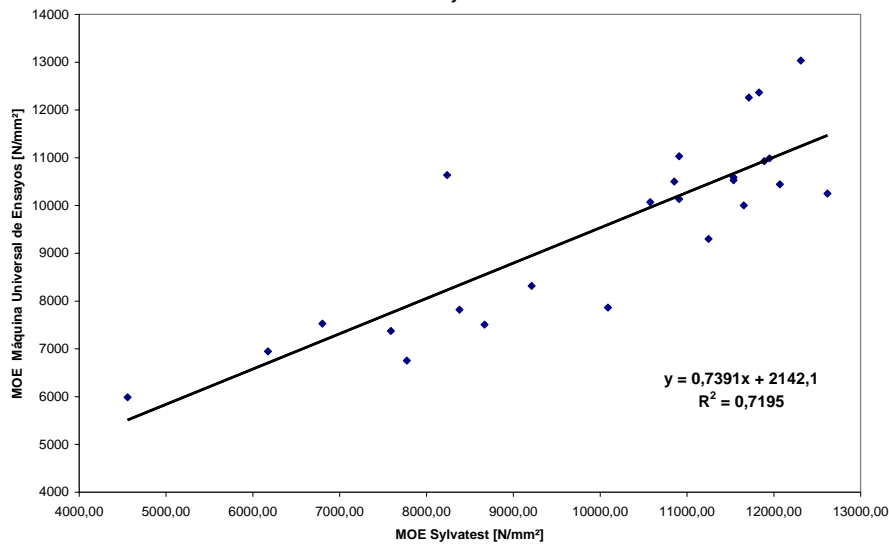


Gráfico 1: Correlación entre MOE Máquina Universal de Ensayos y MOE en posición B de los sensores del Sylvatest.

Graph1: Correlation between Modulus of Elasticity with Universal Testing Machine and Modulus of Elasticity in B position of Sylvatest sensors.

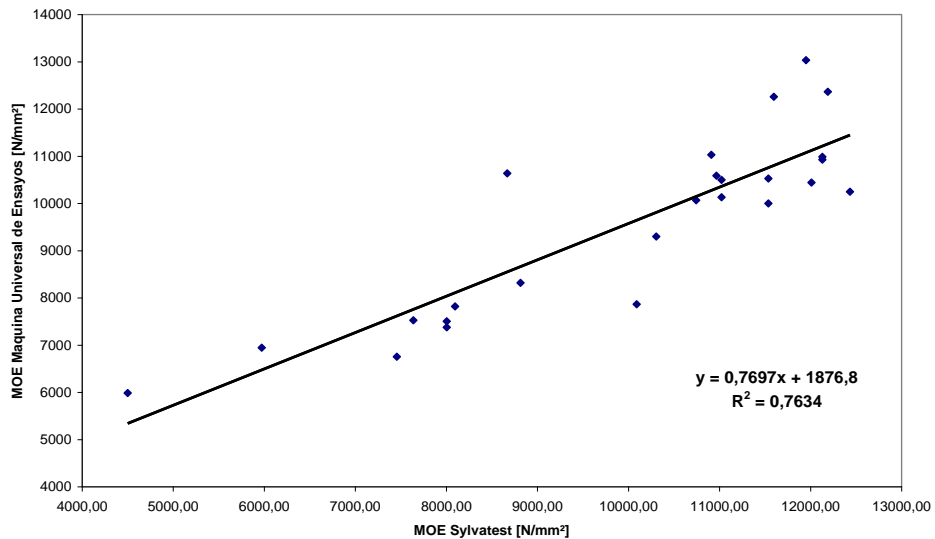


Gráfico 2: Correlación entre MOE Máquina Universal de Ensayos y MOE en posición D de los sensores del Sylvatest.

Graph 2: Correlation between Modulus of Elasticity with Universal Testing Machine and Modulus of Elasticity in D position of Sylvatest sensors.

Tabla 2: Resultados de coeficientes de determinación (R²) y de correlación (r) obtenidos

Table 2: Determination Coefficients Results (R²) and obtained correlation results (r)

| Correlación entre | Ecuación | Coefficiente Determinación (R²) | Coefficiente Correlación (r) |
|---|------------------------|---------------------------------|------------------------------|
| MOE Máquina Universal de Ensayos y MOE en posición A de los sensores del Sylvatest. | $y = 0,641x + 3389,5$ | 0,696 | 0,834 |
| MOE Máquina Universal de Ensayos y MOE en posición B de los sensores del Sylvatest. | $y = 0,7391x + 2142,1$ | 0,7195 | 0,848 |
| MOE Máquina Universal de Ensayos y MOE en posición C de los sensores del Sylvatest. | $y = 0,6826x + 3125,8$ | 0,7251 | 0,852 |
| MOE Máquina Universal de Ensayos y MOE en posición D de los sensores del Sylvatest. | $y = 0,7697x + 1876,8$ | 0,7634 | 0,874 |

Continuación Tabla 2

| Correlación entre | Ecuación | Coefficiente Determinación (R ²) | Coefficiente Correlación (r) |
|---|------------------------|--|------------------------------|
| MOR Máquina Universal de Ensayos y MOR en posición A de los sensores del Sylvatest. | $y = 1,1861x + 25,666$ | 0,5371 | 0,733 |
| MOR Máquina Universal de Ensayos y MOR en posición B de los sensores del Sylvatest. | $y = 1,4066x + 19,033$ | 0,6083 | 0,780 |
| MOR Máquina Universal de Ensayos y MOR en posición C de los sensores del Sylvatest. | $y = 1,3452x + 23,231$ | 0,5954 | 0,772 |
| MOR Máquina Universal de Ensayos y MOR en posición D de los sensores del Sylvatest. | $y = 1,4993x + 17,206$ | 0,6584 | 0,811 |

En los distintos gráficos y en la Tabla 2 se observa que los coeficientes de correlación (r) para MOE son inferiores a los que se observan en la bibliografía. Así por ejemplo O'NEILL trabajando con vigas macizas, presenta para *Pinus taeda*, el coeficiente de correlación (r) de 0,932 a diferencia del presente trabajo donde se utilizaron vigas multilaminadas.

El mejor de los valores de correlación obtenidos en este caso corresponde a la posición D de los sensores del Sylvatest con un valor de $r = 0,874$, al igual que para MOR con 0,811. Recordemos que la posición D de los sensores era aquella en forma directa pero ubicando los sensores en láminas distintas.

Si asumimos como regresiones satisfactorias las que poseen un R² de $> 0,72$ como presentan BALLARIN, A. W.; NOGUEIRA, M. y comparamos los resultados de la correlación lineal entre MOE obtenido por ultrasonido y MOE obtenido en la Máquina Universal de Ensayos para tres especies de *Eucalyptus*, podemos observar que se tienen valores inferiores a los presentados por estos, pero superiores al mínimo sugerido.

CONCLUSIONES

Los valores obtenidos del método de estimación no destructivo fueron analizados mediante software, se observó una buena correlación entre la estimación por este método y el de referencia, ensayo de Flexión Estática en Máquina Universal de Ensayos.

El análisis de los resultados permite concluir que las mediciones de MOE hechas en vigas multilaminadas producidas en la región poseen un promedio en coeficiente de determinación, (R² ~ 0,72) con las mediciones de la Máquina Universal de Ensayos, el cual se considera aceptable.

Los valores de obtenidos con el Sylvatest de MOR fueron más bajos (~50%) que con la Máquina Universal y también un coeficiente de determinación promedio menor, (R² ~ 0,60).

Se debe destacar que existe aproximaciones en los coeficientes R de MOE y de MOR, para las

distintas posiciones adoptadas para los sensores de ultrasonido lo que indica que las mediciones no son afectadas por la disposición de los mismos. Se demostró que no hay diferencias significativas entre las distintas posiciones. Esto elimina la posibilidad de incidencia de este factor en los resultados.

Se considera importante en el equipo Sylvatest, adecuar el algoritmo del software para el pino de Misiones, para lo cual se deberían utilizar datos de velocidad, longitud de onda y pico de onda obtenidos en los ensayos efectuados.

Se recomienda realizar ensayos de este tipo con un número mayor de muestras.

BIBLIOGRAFÍA

SANDOZ, J.L. 1989. Grading of construction timber by ultrasound. Wood Science and Technology, 23, pp. 95-108.

SANDOZ, J.L.; Benoit, Y. y Demay, L. 2000. Wood testing using acousto-ultrasonic, 12th International Symposium on Nondestructive Testing of Wood, pp. 97-104.

BALLARIN, A. W.; Nogueira, M. 2002. Correlações entre módulos de elasticidade estático (flexão) e dinâmico (ultrason) para algumas espécies de eucalipto Universidade Estadual Paulista; Brasil. (mnogueira@fca.unesp.br; awballarin@fca.unesp.br)

FUENTEALBA Cecilia, ERIK BARADIT A. 2000. Determinación de las Constantes Elásticas de la Madera por Ultrasonido. Parte I: Módulos de Elasticidad y Módulos de Rigidez. Departamento de Ingeniería en Maderas, Facultad de Ingeniería, Universidad del Bío – Bío, Chile

HERMOSO PRIETO, Eva; Fernández-Golfín Seco, Juan I.; Díez Barra, M. Rafael y Rafael Mier Pérez. 2007. Aplicación de los ultrasonidos a la evaluación de las propiedades mecánicas de la madera en rollo de pequeño diámetro

CASADO, M.; Acuña, L.; Vecilla, D.; Basterra, A. y E. Pando V. Relea. 2007. Determinación de la capacidad resistente de madera Estructural de Pinus sylvestris mediante PLG.

SANDOZ, Dr. Jean-Luc. 2006. Acousto-Ultrasonic non-destructive evaluation of historical wooden structures CBS – Concepts Bois Structure, Les Ecorces, France

SANDOZ JEAN-LUC, Benoit Yann. 2007. Timber grading machine using multivariate parameters based on ultrasonic and density measurement CBT SA, Rue des Jordils 40, 1025, Saint Sulpice, Switzerland

O'NEILL Hugo. 2004. Estimación de la calidad de la madera producida en el Uruguay para uso estructural y su evaluación en servicio por métodos no destructivos.

SANDOZ J. L. , Benoit Y. , Demay L. 2000. Wood testing using Acousto-ultrasonic

DEMCOFF, Miguel L.V . 2003. Vigas laminadas estructurales de madera, su fabricación y empleo. Concordia Entre Ríos Argentina.

EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA IGNIFUGA DE SOLUCIONES HIDROSOLUBLES EN LA IMPREGNACIÓN DE MADERA DE *Pinus ponderosa* DOUGL. EX LAWS

TESTING THE FIREPROOF EFFICIENCY OF WATER-
SOLUBLE SOLUTIONS IN THE IMPREGNATION OF
Pinus ponderosa DOUGL. EX LAWS WOOD

Fecha de recepción: 12/07/2015 // Fecha de aceptación: 23/11/2015

Gabriel Keil

Profesor Adjunto,
Xilotecología e Industrias
de Transformación
Mecánica,
gabrielkeil@yahoo.com.ar

María Laura Tonello

Ayudante Diplomado,
Cálculo Estadístico,
lauramaly@yahoo.com.ar

Laura Maly

Jefe de Trabajos Prácticos,
Industrias de
Transformación Química,
marialauratonello@yahoo.com.ar

María Mercedes Refort

Ayudante Diplomado,
Industrias de
Transformación Mecánica,
mmrefort@hotmail.com

Laboratorio de
Investigaciones en Madera,
limad@agro.unlp.edu.ar
Facultad de Ciencias
Agrarias y Forestales,
Universidad Nacional de La
Plata, UNLP, 60 y 119,
1900, CC 31. La Plata,
Argentina.

RESUMEN

El fuego es considerado uno de los principales agentes de destrucción de objetos fabricados parcial o totalmente con madera; este material por ser combustible crea siempre “riesgo de incendio” y esto constituye una de las limitaciones a su mayor uso en la construcción. El objetivo de este trabajo fue evaluar el comportamiento al fuego de la madera juvenil de Pino ponderosa impregnada con 8 formulaciones potencialmente ignífugas. La impregnación de las probetas se realizó en autoclave utilizando el método Bethell (vacío – presión – vacío). Se ensayaron: paraformaldehído en tres concentraciones (25, 50 y 100%); formulación de fosfato ácido de amonio, sulfato de amonio, ácido bórico y borato de sodio en dos concentraciones (10 y 15%); solución biopreservante (5%); formulación de fosfato monoamónico y decaborato de sodio (8%) y CCA comercial (2%). El comportamiento al fuego fue evaluado mediante el ensayo OI (Índice de Oxígeno) y el ensayo Intermitente. Como resultados se obtuvieron altos valores de absorción de las soluciones impregnantes, variando desde 448,01 kg.m⁻³(formulación de boro al 10%) hasta 636,87 kg.m⁻³(CCA), con valores

ABSTRACT

Fire is considered one of the main agents of destruction of objects made partially or entirely of wood. Since wood is a combustible material, it is always at fire risk and therefore this is one of the limitations for further use in construction. The aim of this work is to test the behaviour of Ponderosa pine juvenile wood impregnated with 8 potentially fireproof formulations when exposed to fire. The impregnation of the test tubes has been carried out in autoclave utilizing the Bethell method (vacuum-pressure-vacuum). Three concentrations of paraformaldehyde (25, 50 and 100%), formulation of ammonium acid phosphate, ammonium sulphate, boric acid and sodium borate in two concentrations (10 and 15%), biopreservative solution (5%), formulation of monoammonium phosphate and sodium decaborate (8%) and commercial CCA (2%) have been tested. The fire reaction has been tested through the OI test (Oxygen Index) and the Intermittent test. The results obtained have shown high absorption values of the impregnating solutions, varying from 448,01 kg.m⁻³ (boron formulation at 10%) to 636,87 kg.m⁻³ (CCA) with intermediate values for other tested solutions. As regards the behaviour of monoammonium phosphate and sodium decaborate formulations and boron formulations when exposed to fire, in both concentrations the

intermedios para las otras soluciones ensayadas. En cuanto a su comportamiento al fuego, las formulaciones de fosfato monoamónico y decaborato de sodio y las compuestas de boro, en ambas concentraciones, proporcionaron a la madera juvenil de pino ponderosa una capacidad ignífuga eficiente, de acuerdo al ensayo realizado, calificándolo como un material autoextinguible; mientras que las tres soluciones de paraformaldehído, el CCA y el biopreservante no proporcionaron propiedades retardantes de llama sobre la madera de Pino ponderosa.

Palabras clave: madera, fuego, impregnación, ignífugos, ensayos fuego.

have provided Ponderosa pine juvenile wood capacity, thus making it self-extinguishing. The three solutions of paraformaldehyde, the CCA and the biopreservative solution have not provided the Ponderosa pine wood with flame retardant properties.

Key words: wood, fire, impregnation, fireproof, fire tests

INTRODUCCIÓN

El fuego es considerado uno de los principales agentes de destrucción de objetos fabricados parcial o totalmente con madera. La madera por ser un material combustible, crea siempre el “riesgo de incendio”; esto constituye una de las limitaciones a su mayor uso en la construcción, (JUNTA DE ACUERDO DE CARTAGENA 1988).

Los esfuerzos para disminuir la inflamabilidad de los materiales y de la madera en particular, se remontan a épocas muy antiguas. Sin embargo, el conocimiento de la fisicoquímica de la combustión ha permitido recién en las últimas décadas el desarrollo de productos y medios de defensa eficaces para evitar la no deseada evolución a la que espontáneamente tienden los materiales combustibles. Reducir las pérdidas ocasionadas por el fuego es un objetivo de alto impacto en la economía de cualquier país; además, se debe incluir el aspecto social al disminuir los peligros de accidentes a nivel industrial y al mejorar las condiciones de seguridad en construcciones civiles y militares, (GIÚDICE 2000). Bajo ciertas condiciones la madera presenta una buena resistencia al fuego debido a su baja conductividad térmica y a su capacidad de formar una capa carbonizada superficial, esta última en particular retarda aún más la degradación de la madera, lo cual permite mantener sus propiedades físicas y mecánicas por mayor tiempo que las estructuras de metal o cemento. La capacidad de resistencia al fuego de una estructura de madera depende del diseño de las construcciones, materiales seleccionados y de las escuadrías del material, así, la cantidad de carbonización de la sección transversal es el principal factor en la resistencia al fuego de miembros estructurales de madera. En cambio en otras aplicaciones, su comportamiento frente al fuego es limitado puesto que cuando forma parte de muebles, revestimientos de muros y cielos u otros usos que emplean piezas más delgadas, arde con facilidad, (GIÚDICE 2000; GARAY 2010; GIÚDICE 2006).

La velocidad de carbonizado de la madera es más elevada al comienzo de la exposición al fuego debido a la inexistencia de barreras limitantes. Al producirse la

capa de madera carbonizada superficialmente (Figura 1), la velocidad disminuye por el efecto protector que la misma presenta al reducir la transmisión del calor. La generación de cenizas resulta reconocida como un medio importante para retardar la propagación del fuego (GIÚDICE 2006; DURAN 2012).

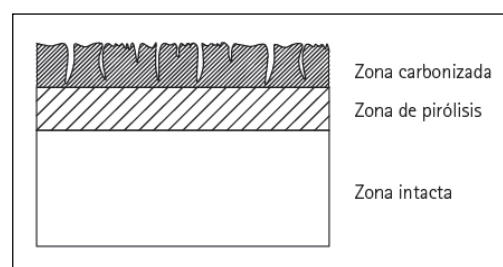


Figura 1. Zona de capa carbonizada
Figure 1. Carbonized layer region

La protección de los materiales frente a la acción del fuego está limitada a un efecto retardante, ya que ninguna sustancia química puede transformar la madera en material incombustible dentro de los márgenes de un análisis económico. En consecuencia, existe una gran variedad de sustancias que ofrecen resultados positivos sobre la demora en la propagación del fuego, la permanencia de la combustión y de la brasa. El tratamiento con retardantes del fuego puede prevenir pequeños focos de incendio y prolongar el comienzo de la ignición, generando lapsos adecuados para evitar la propagación del fuego, (GIÚDICE 2006; JUNTA DE ACUERDO DE CARTAGENA 1988).

En la actualidad no se ha profundizado en el tema de impregnantes con productos de acción ignífuga sobre madera de Pino ponderosa, si bien es impregnada con preservantes para usos en postes rurales debido a que su madera presenta una baja durabilidad natural, (SPAVENTO 2011). El Pino ponderosa es una especie que se utiliza en múltiples productos y que tiene la gran ventaja de ser conocido en el mercado norteamericano, característica atractiva para la exportación hacia esos países. Es la conífera de rápido crecimiento más empleada y con gran potencial para forestar vastas extensiones en la región Andino Patagónica Argentina,

mostrando crecimientos significativamente mayores que en los lugares de origen en los Estados Unidos, (GONDA *et al.* 2009). Es una especie con una densidad baja, rango entre 351 a 550 Kg.m⁻³, (KEIL *et al.* 2013), se trabaja fácilmente, tanto a mano como con herramientas mecánicas, aunque en ciertos casos la resistencia de las piezas aserradas puede verse reducida por el denso agrupamiento de nudos, producto de la ramificación uninodal característica del Pino ponderosa. Otra característica que presenta esta especie es que su madera seca fácilmente. Actualmente esta especie representa el 70% de las plantaciones implantadas en la provincia de Neuquén. El volumen existente de madera de Pino ponderosa en la provincia llega a 2.212.964 m³, (GONDA *et al.* 2009). De acuerdo con lo expuesto, se planteó como objetivo principal de este trabajo, la impregnación de esta especie con diferentes productos de acción ignífuga y la evaluación de su comportamiento al fuego.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se desarrolló en 5 etapas: obtención de probetas, ensayos físicos, impregnación de probetas, evaluación del comportamiento frente al fuego y análisis de resultados.

Obtención de probetas

Se trabajó con material proveniente del sudoeste de la provincia de Neuquén, extraído de la zona del lago Melliquina (40°27'23"S-71°13'52"O). Se seleccionaron 10 individuos al azar de 22 años de edad. De cada árbol se extrajeron las dos primeras trozas de 1,25 m de longitud cada una. Se obtuvieron tabloncitos de 55 mm de espesor y de 25 mm de espesor. Posteriormente fueron transformados en listones cepillados de sección cuadrada de 50 mm y de 20 mm de lado. Dicho material fue testeado periódicamente en su contenido de humedad, hasta la humedad de equilibrio higroscópico (HEH). Una vez alcanzada dicha HEH, el material fue procesado en carpintería para la obtención de 630 probetas – 60 para CH, Dn y Do; 480 para impregnación y 90 para ensayos de fuego - dimensionadas según normas para los diferentes ensayos físico-mecánicos planteados, los cuales se describen a continuación detalladamente.

Ensayos físicos

Las propiedades físicas estudiadas en probetas sin impregnar fueron: contenido de humedad (CH), (IRAM 9532, MÉTODO DE DETERMINACIÓN DE HUMEDAD, 1963) y densidades aparentes normal (Dn) y anhidra (Do), (IRAM 9544, MÉTODO PARA LA DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD APARENTE, 1985).

Impregnación de probetas

Se realizaron 8 procesos de impregnación, una con cada producto puro o mezcla a ensayar. Las soluciones impregnantes fueron las siguientes: Paraformaldehído al 100% (P100); Paraformaldehído al 50% (P50); Paraformaldehído al 25% (P25); Mezcla de bórax, ácido bórico y amoníaco al 15% (B15); Mezcla de bórax, ácido bórico y amoníaco al 10% (B10); Solución fosfato/borato al 8% (FB8); Arseniato de cobre cromatado al 2% (CCA2) y Biopreservante en desarrollo al 5% de concentración (Bio5). Las formulaciones a base de boro se muestran en las Tablas 1 y 2.

Tabla 1. Formulación ensayada de las soluciones a base de boro (B 15 y B 10).

Table 1. Formulation tested of the solutions based on boron (B 15 y B10)

| Compuestos | Formulación | Porcentaje en peso sólido |
|-------------------------|--|---------------------------|
| Fosfato ácido de amonio | PO ₄ H(NH ₄) ₂ | 10 |
| Sulfato de amonio | SO ₄ (NH ₄) ₂ | 60 |
| Ácido bórico | H ₃ BO ₃ | 20 |
| Borato de sodio | Na ₂ B ₄ O ₇ | 10 |

La solución fue elaborada en el CIDEPINT. LEMIT.

Tabla 2. Formulación de fosfato monoamónico y decaborato de sodio (FB 8).

Table 2. Formulation of monoammonium phosphate and sodium decaborato (FB 8)

| Compuestos | Porcentaje en peso sólido |
|---------------------|---------------------------|
| Fosfato monoamónico | 6,8 |
| Decaborato de sodio | 1,2 |
| Agua c.s.p. | 100,0 |

La solución fue desarrollada por la Empresa Química Bosques S. A.

Las impregnaciones se llevaron a cabo en la Empresa Química Bosques S.A. ubicada en el partido de Florencio Varela, provincia de Buenos Aires. Se aplicó el procedimiento Bethell (vacío-presión-vacío) o de "célula llena", (IRAM 9600, PRESERVACIÓN DE MADERAS-MADERAS PRESERVADAS MEDIANTE PROCESOS CON PRESIÓN EN AUTOCLAVE, 1998). Inmediatamente posterior a la impregnación, el 20% de las probetas fueron cortadas por la mitad en su longitud a fin de corroborar la **penetración** del impregnante, observándola a ojo desnudo y sin reactivos, en la escuadría de las mismas. Previo y posteriormente a la impregnación, se pesaron

las probetas en balanza analítica de 0,01 g de precisión y se determinó el volumen con calibre micrométrico, el cual fue utilizado para calcular el valor de **absorción**. Luego se obtuvo el valor de la **retención nominal**, expresada en kg de preservante por metro cúbico de madera y se determinó la **retención real**.

Ensayos de comportamiento frente al fuego

Se analizó la resistencia frente al fuego de las probetas impregnadas mediante el ensayo de **Índice de Oxígeno (OI) y el Ensayo Intermitente**. Estas experiencias se realizaron en la Planta Piloto del Centro de Investigación y Desarrollo en Tecnología de Pinturas (CIDEPINT). El **Ensayo OI**, objeto de la norma ASTM 2863 (MEASURING THE MINIMUM OXYGEN CONCENTRATION SUPPORT CANDLE-LIKE COMBUSTION OF PLASTIC), determina la mínima concentración de oxígeno en una mezcla con nitrógeno que puede mantener la combustión de un material en condiciones de equilibrio, como la combustión de una vela. El valor se expresa en porcentaje en volumen. Este ensayo no es representativo del comportamiento real del material en contacto con el fuego, pero es uno de los métodos preferidos debido a que permite la obtención de valores numéricos reproducibles y comparables. El **Ensayo Intermitente** (UTN La Plata) consiste en someter el frente inferior de la probeta a la acción intermitente de la llama de un mechero Bunsen, dispuesto en un ángulo de 45°. La probeta se someterá a la acción de la llama durante ciclos de exposición fuego/reposo. Las exigencias de este ensayo determinan que para soluciones o pinturas que se aplicarán en servicio sobre un sustrato combustible deberán presentar una calificación de **Aprobado** según ensayo de Índice de Oxígeno y **Clase A** según ensayo de Intermitencia.

Análisis estadísticos

A partir de las variables físicas, se obtuvieron los valores estadísticos descriptivos básicos (media, desvío, coeficiente de variación, rango y gráficos de dispersión). Se evaluó el cumplimiento de los supuestos requeridos para realizar el análisis de la varianza. Luego, se realizó un ANOVA para testear la respuesta a la absorción de las probetas con las distintas soluciones impregnantes. Se evaluaron en dos grupos, por un lado las 3 soluciones de Paraformaldehído, CCA y Biopreservante a través de un análisis de la varianza paramétrico, ya que estos valores dieron cumplimiento a los supuestos requeridos para este análisis. Para las tres soluciones con Boro se realizó un análisis de la varianza no paramétrico (Kruskal Wallis). Los ensayos fueron diagramados utilizando un diseño enteramente al azar.

Para analizar el comportamiento al fuego, se estudió la asociación entre los parámetros OI e Intermitencia a través de un análisis de contingencia utilizando la prueba de *chi* cuadrado.

RESULTADOS

1. Propiedades físicas

Los valores de contenido de humedad (CH) y densidades aparentes (Dn y Do) para la madera juvenil de Pino ponderosa ensayada, se presentan en la Tabla 3.

Tabla 3. Valores de CH%, Dn y Do para Pino ponderosa.

Tabla 3. CH%, Dn and Do values for *Pinus ponderosa*

| Parámetro estadístico | CH | Dn | Do |
|------------------------------|-----------|-----------------------------|-----------------------------|
| Media | 12,30 (%) | 0,39 (kg.dm ⁻³) | 0,37(kg.d m ⁻³) |
| Coefficiente de variabilidad | 3,18 (%) | 9,53 (%) | 9,31 (%) |

Según se observa en la tabla, el contenido de humedad obtenido se ubicó en el rango especificado para la determinación de las propiedades físicas, (CORONEL 1994) y apto para la impregnación de la madera en autoclave con productos hidrosolubles, (IRAM 9600). De acuerdo a los valores de densidad aparente normal y anhidra, la madera de Pino ponderosa resulta liviana, rangos entre 0,351 y 0,550 kg.dm⁻³ (Coronel, 1994) y 0,300-0,450 kg.dm⁻³, respectivamente, (RIVERO MORENO 2004).

2. Impregnación

Luego de la impregnación por autoclave se observó una penetración total en toda la escuadría de las piezas muestreadas. Los valores de retención obtenidos fueron contrastados con los valores especificados en la norma IRAM 9600 para productos preservantes hidrosolubles, ya que no existe en el país una normalización de este tipo para productos ignífugos. En la Tabla 4 se presentan los valores promedios de absorción y retenciones para cada uno de los tratamientos. Aquí se observa que no hubo diferencias estadísticamente significativas en los valores de absorción entre los 8 tratamientos ensayados. Al estar afectados por distintas constantes, no es ilustrativo el promedio de las retenciones nominal y real, así como tampoco aporta información un análisis de ANOVA, ya que las diferencias entre tratamientos estarán dadas por las constantes que afectan el valor de la absorción para hacer los cálculos de retención nominal y real. Si bien la absorción depende de una serie de variables - tipo de madera, solución impregnante y condiciones de proceso, (MALKOV 2002) - el valor medio hallado en este trabajo resultó superior al citado por OTAÑO *et al.* (1999), para otras cuatro especies de *Pinus*, aplicando un tratamiento semejante con soluciones hidrosolubles.

Tabla 4. Parámetros medios de la impregnación de los 8 tratamientos.
Table 4. Average impregnation parameters of the 8 treatments

| Tratamiento | Absorción (kg.m ⁻³)* | Retención nominal (kg.m ⁻³) | Retención real (kg.m ⁻³) | Penetración (%) |
|-------------|----------------------------------|---|--------------------------------------|-----------------|
| B10 | 448,00 a | 44,80 | 36,82 | Total |
| B15 | 499,07 a | 74,86 | 61,53 | Total |
| P50 | 504,53 a | 252,26 | 207,36 | Total |
| Bio5 | 542,02 a | 27,10 | 22,27 | Total |
| FB8 | 551,35 a | 44,10 | 36,25 | Total |
| P25 | 608,03 a | 234,70 | 192,92 | Total |
| P100 | 636,10 a | 636,10 | 522,87 | Total |
| CCA2 | 636,87 a | 8,78 | 7,224 | Total |

* Misma letra, sin diferencias significativas

2.1. Análisis estadísticos de impregnación

Al realizar un análisis descriptivo del grupo formado por las 3 concentraciones de Paraformaldehído, CCA y Biopreservante, a través de las medidas resumen

y de los gráficos de caja (Figura 2) de los valores de absorción, se observan en la Tabla 5.

La solución de paraformaldehído 100%, tuvo una de las mayores absorciones medias presentando a su vez una menor variabilidad.

Tabla 5. Valores de absorción (kg.m⁻³) por solución para Pino ponderosa.
Table 5. Absorption values (kg.m⁻³) per solution for Pinus ponderosa

| Estadístico | P 100% | P 50% | P 25% | Bio 5% | CCA 2% |
|------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Media | 636,10 | 504,54 | 608,03 | 542,02 | 636,87 |
| Desvío estándar | 157,15 | 230,26 | 187,77 | 211,20 | 215,80 |
| Coefficiente de variabilidad | 24,70 | 45,64 | 30,88 | 38,96 | 33,88 |

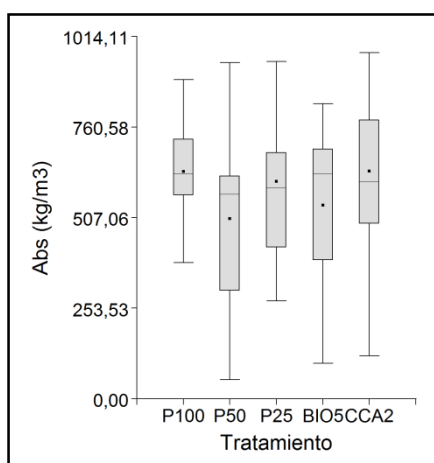


Figura 2. Gráfico de caja de los valores de absorción
Figure 2. Box plot of absorption values

Del análisis de la varianza realizado ($F= 2,32$ y $p\text{-value}= 0,0608$) se corrobora que las 5 soluciones utilizadas generan sobre la madera de pino similares parámetros de absorción, no existiendo una solución que predomine sobre la otra. Por otro lado, al realizar un análisis descriptivo de los valores de absorción a través de las medidas resumen y de los gráficos de caja (Figura 3), se observa que el menor valor de absorción registra $448,01 \text{ kg.m}^{-3}$ y el mayor $551,36 \text{ kg.m}^{-3}$. A su vez, el mayor valor de absorción registra la menor variabilidad con un desvío estándar de $175,98 \text{ kg.m}^{-3}$, lo que se observa en la Tabla 6.

Asimismo se realizó un análisis de la varianza no paramétrico, de Kruskal Wallis, el cual brindó como información relevante que las 3 soluciones con boro en su formulación generaron sobre la madera de pino similares parámetros de absorción, no existiendo una diferencia en la absorción relacionada a la solución. ($H= 1,28$ $p\text{-value}= 0,5279$).

Tabla 6. Parámetros medios de la impregnación de los 3 tratamientos con Boro.

Tabla 6. Average impregnation parameters of 3 treatments with Boron.

| Estadístico | B 15% | B 10% | FB 8% |
|------------------------------|--------|--------|--------|
| Media | 499,08 | 448,01 | 551,36 |
| Desvío estándar | 264,44 | 252,57 | 175,98 |
| Coefficiente de variabilidad | 52,99 | 56,38 | 31,92 |

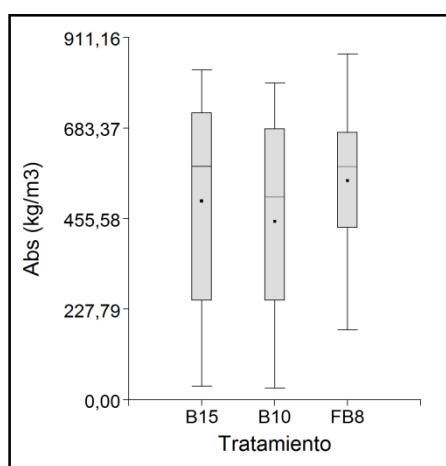


Figura 3. Gráfico de caja de los valores de absorción
Figure 3. Box plot of absorption values

3. Ensayos de comportamiento frente al fuego

En la Tabla 7 se sintetizan los valores OI e Intermitente para la madera testigo e impregnada con las 8 formulaciones ensayadas.

Un valor de OI mayor al 28% permite clasificar el sustrato como autoextinguible por lo que, los valores OI e Intermitente obtenidos para las soluciones de **paraformaldehído** no fueron satisfactorios, comportándose igual o peor que el testigo. El uso del paraformaldehído no provocó retardancia de llama en los ensayos, lo cual de haber resultado positivo, hubiera agregado al paraformaldehído una propiedad a la ya reconocida eficiencia en su capacidad biocida, (RAMS & MARTÍNEZ 2007). Las soluciones que contienen **mezcla a base de boro al 15% y al 10%** proporcionaron a las muestras de madera de Pino ponderosa una capacidad ignífuga adecuada, de acuerdo a los ensayos realizados, calificándolo como un material autoextinguible, (GIÚDICE 2010). En este sentido, DURÁN & MUR (2012), encontraron valores muy superiores de OI (79), en probetas impregnadas con soluciones hidrosolubles a base de boratos de sodio. Valores menores de OI (37-50%), fueron encontrados por PEREYRA & GIÚDICE (2008) en madera de Araucaria angustifolia. Asimismo, DURÁN & MUR (2012), citan valores de OI cercanos a 30, en probetas impregnadas con soluciones hidrosolubles a base de silicatos de sodio y potasio. Las soluciones de **fosfato monoamónico y decaborato de sodio** proporcionaron buenas propiedades retardantes de llama sobre las probetas de madera. La **solución biopreservante y el CCA** no proporcionaron propiedades retardantes de llama sobre la madera de Pino ponderosa.

3.1. Análisis estadísticos de comportamiento al fuego

Se evaluó mediante análisis estadístico si la variable Intermitencia en sus dos categorías (aprueba – no aprueba) y la variable OI en sus tres categorías (menor a 27 – 27 a 50 – mayor a 50) presentan asociación, se realizó un análisis de contingencia mediante la prueba de *chi* cuadrado. Este dio como resultado que existe asociación entre las categorías analizadas ($X^2= 29$; $p\text{-value} < 0,00001$), presentándose el 65% de los datos en la categoría No aprueba de Intermitente y menor a 27 de OI. A su vez, el 20,69% se agrupa en la categoría Aprueba de Intermitente y mayor a 50 de OI, según surge de la Tabla 8.

Tabla 7. Valores del ensayo de Índice de Oxígeno (OI) e Intermitente.
Tabla 7. Test values of Oxygen Index (OI) and Intermittent.

| Producto | Concentración (%) | OI (% de O ₂) | Intermitente |
|-------------------------|-------------------|---------------------------|--------------------|
| B10 | 10 | >50 | Clase A-Aprueba |
| B15 | 15 | >50 | Clase A-Aprueba |
| P50 | 50 | 24 | Clase E-No aprueba |
| Bio5 | 5 | 24 | Clase E-No aprueba |
| FB8 | 8 | >45 | Clase A-Aprueba |
| P25 | 25 | 26 | Clase E-No aprueba |
| P100 | 100 | 24 | Clase E-No aprueba |
| CCA2 | 2 | 22 | Clase D-No aprueba |
| Testigo (sin impregnar) | - | 25 | Clase E-No aprueba |

Tabla 8. Análisis de Contingencia - Tabla de Frecuencias para Intermitencia según OI.
Tabla 8. Contingency Analysis - Table of frequencies for Intermittence as OI.

| | a (<27) | b (27 -50) | c (>50) | |
|-------------------|---------|------------|---------|---------|
| Aprueba | 0,00% | 13,79% | 20,69% | 34,48% |
| No Aprueba | 65,52% | 0,00% | 0,00% | 65,52% |
| | 65,52% | 13,79% | 20,69% | 100,00% |

CONCLUSIONES

La penetración fue total en toda la muestra de piezas de madera, los valores de absorción y retención real logrados en la impregnación profunda de Pino ponderosa fueron mayores a los obtenidos en otras especies de pinos y con otros preservantes hidrosolubles. Las soluciones a base de Boro, al 15 y al 10% y fosfato monoamónico y decaborato de sodio, proporcionaron a las muestras de madera de Pino ponderosa una capacidad ignífuga eficiente, de acuerdo a los ensayos realizados. Sería interesante continuar estos estudios ensayando soluciones en concentraciones más bajas para evaluar su capacidad ignífuga, manteniendo la efectividad del tratamiento y reduciendo aún más su costo.

Las soluciones con Paraformaldehído en sus 3 concentraciones, Biopreservante y CCA no proporcionaron propiedades retardantes de llama sobre la madera.

El estudio presentado condujo al desarrollo de nuevas formulaciones de soluciones impregnantes con poderes retardantes del fuego, con la intención de realizar ensayos experimentales conducentes a clasificar aquellas que otorguen una mayor seguridad a las personas y a los bienes materiales.

AGRADECIMIENTOS

Al Dr. Carlos A. Gúdice y a la Dra. Guadalupe Canosa por su asesoramiento en lo relativo a las sustancias ignífugas y los ensayos de comportamiento al

fuego. A la Ingeniera Paula Alfieri por la preparación de los productos impregnantes. Al Lic. Ricardo Camera, de la Empresa Química Bosques S.A., por facilitar la planta piloto donde se realizaron los ensayos de impregnación.

BIBLIOGRAFÍA

ASTM 2863. (2006). American Society For Testig And Materials. Measuring The Minimum Oxygen concentration Support Candle- Like Combustion of Plastic.

CORONEL, E. O. (1994). "Fundamentos de las propiedades físicas y mecánicas de la madera. Aspectos teóricos y prácticos para la determinación de las propiedades y sus aplicaciones". 1 Parte: "Fundamentos de las propiedades físicas de la madera". ITM - UNSE. 187 pp.

DURÁN S. M. & B. Z. Mur. (2012). Protección de la madera frente al fuego mediante la combinación de diversos productos. Proyecto final de grado. Escuela politécnica superior de edificaciones de Barcelona. Universidad Politécnica de Cataluña. 117 pp.

GARAY. R. & M. Henriquez. (2010). Comportamiento frente al fuego de tableros y madera de pino radiata con y sin pintura retardante de llama. Maderas ciencia y tecnología. 14 pp.

- GIUDICE, C. A. & Pereyra, A. M. (Ca 2000). Pinturas retardantes del fuego. 14 pp.
- GIUDICE, C. A.; A. M. Pereyra & J. C. Benítez. (Ca 2006). Comportamiento frente al fuego de maderas tratadas con silicatos solubles como material impregnante. Reporter I.A.S. http://www.ias.org.ar/down/asociados/reporter_ias/tecnica/tecnicas1/comportamiento-fuego-maderas-tratadas.htm.
- GIUDICE, C. (2010). "Determinación del Índice de Oxígeno". Universidad Tecnológica Nacional-Facultad Regional de La Plata, Departamento de Ingeniería Química, Cátedra de Protección de Materiales, Práctica de Laboratorio N°1: 7 pp.
- GONDA, H.; Mohr Bell, D.; Sbrancia, R.; Lencinas, J.; Bava, J.; Monte, C.; Montoro, A.; Siebert, A.; García, E.; Menéndez, J.; Lutz, G.; Rocca, A.; Van Houtte, J.; Toth, A.; Tolone, G. & Salimbeni, J. (2009). "Inventario del Bosque Implantado en la Provincia de Neuquén". Ecogestión 2009. Primera reunión sobre planificación y legislación forestal. 18 pp.
- IRAM 9532. (1963). Método de determinación de humedad. Instituto de Racionalización de Materiales. 14 pp.
- IRAM 9544. (1985). Método para la determinación de la densidad aparente. Instituto Argentino de Racionalización de Materiales. 10 pp.
- IRAM 9600. (1998). "Preservación de maderas-Maderas preservadas mediante procesos con presión en Autoclave". Instituto Argentino de Racionalización de Materiales. 23 pp.
- JUNTA DE ACUERDO DE CARTAGENA. (1988). "Manual del grupo andino para la preservación de maderas". 1° Ed. Lima, Perú, 349 pp.
- KEIL, M; M. Refort & E. Spavento. (2013). Propiedades físicas de la madera de *Pinus ponderosa* Dougl. ex Laws, proveniente de la provincia de Neuquén, Argentina. II Jornadas Forestales Patagonia Sur. Calafate, Argentina. Resumen número 16 en actas ISBN 978-987-679-238-7.
- MALKOV, S. (2002). Studies on liquid penetration into softwood chips. Experiments, Models and Applications. Dissertation for the degree of Doctor of Science in Technology to be presented with due permission of the Department of Forest Products Technology, Helsinki University of Technology for public examination and debate in Council Room at Helsinki University of Technology (Espoo, Finland) on the 22nd of November, at 12 noon. 76 p.
- OTAHÑO, M.; G. Keil; M. Luna; B. Díaz & R. Marlats. (1999). "Impregnación de Maderas de *pinus radiata*, *p. pinaster*, *p. pinea* y *p.halepensis*: relación entre la absorción de preservantes hidrosolubles y sus características físicas y mecánicas". Revista de la Facultad Agronomía. La Plata. ISSN 0041-8676. 104 (1): 75-84.
- PEREYRA A. M. & C. A. Giudice. (2008). silicatos de etilo con diferente grado de hidrólisis como Material Impregnante Ignífugo para Maderas. Maderas. Ciencia y tecnología 10(2): 113-127.
- RAMS & Martinez, S. L. (2007). "Paraformaldehido: ficha de datos de seguridad (FDS)". T 3 Química. 3 pp.
- RIVERO MORENO, J. (2004). Propiedades Físico-Mecánicas de *Gmelina arborea* Roxb. y *Tectona grandis* Linn. F. Pasantía Cochabamba, Bolivia. 73 pp.
- SPAVENTO, E. (2011). "Identificación de productos y mercados potenciales para el sector forestal", en el marco del "Proyecto BIRF LN 7520 AR - Manejo Sustentable de Recursos Naturales Componente 2 – Plantaciones Forestales Sustentables. Ministerio de Agricultura de la Nación. Informe Final de 259 pp.

COMPORTAMIENTO EN EL SECADO ARTIFICIAL DE LA MADERA DE DISTINTOS ORIGENES DE *Pinus taeda*

BEHAVIOR IN THE ARTIFICIAL DRYING OF *Pinus taeda* WOOD FROM DIFFERENT ORIGINS

Fecha de recepción: 08/03/2015//Fecha de aceptación: 22/12/2015

Estela Pan

MSc. Profesor Asociado e Investigador del Instituto de Tecnología de la Madera - FCF – UNSE. Av. Belgrano Sur 1912, Cp 4200, Santiago del Estero, Argentina. E-mail epan@unse.edu.ar

Maximiliano Umlandt

Ing. Ayudante de Primera del Instituto de Tecnología de la Madera - FCF – UNSE. Av. Belgrano Sur 1912, Cp 4200, Santiago del Estero, Argentina. E-mail maximiliano.umlandt@gmail.com

Néstor Lencina

Ing. Profesor Adjunto e Investigador - FCEyT – UNSE. Av. Belgrano Sur 1912, Cp 4200, Santiago del Estero, Argentina. E-mail nlencina@unse.edu.ar

Luis Palmas

Ing. Profesor Adjunto e Investigador - FCEyT – UNSE. Av. Belgrano Sur 1912, Cp 4200, Santiago del Estero, Argentina. E-mail lpalmas@unse.edu.ar

RESUMEN

El objetivo del trabajo fue evaluar el comportamiento de madera proveniente de orígenes de *Pinus taeda*, durante el proceso de secado técnico, lo que estaría indicando su calidad. El material utilizado consistió en muestras de madera procedentes del ensayo “Orígenes de *Pinus taeda* y *Pinus elliottii*”, instalado en la propiedad del Ingenio “La Fronterita”, Departamento Famaillá, Tucumán, Argentina; y fue seleccionado con base en la altura, porte, diámetro altura de pecho (DAP), densidad y estado sanitario. Se empleó un programa de secado, desarrollado a partir de un protocolo guía elaborado para *Pinus taeda* y se realizaron dos ensayos de secado resultantes de la combinación de temperatura por humedad relativa. Los resultados muestran que el mejor programa fue el obtenido de la combinación T2xHR1 mientras que el origen B presentó las mejores respuestas ante los alabeos y las rajaduras.

Palabras claves: calidad de madera, orígenes, *Pinus taeda*, programas de secado.

SUMMARY

The objective of this work was to evaluate the behavior of wood from *Pinus taeda* sources, during artificial drying, which would indicate its quality. The material used was wood samples from the trail "Origins of *Pinus taeda* and *Pinus elliottii*", installed on the premises: Ingenio "La Fronterita", Department Famaillá, Tucumán, Argentina; and this material was selected based on the height, size, diameter at breast height (DBH), density and health status. A drying program was used, developed from a guide protocol developed for *Pinus taeda* and two drying tests resulting from the combination of temperature by relative humidity were performed. The results show that the best program was obtained by combining T2xHR1 while the origin B presented the best responses to warping and cracking.

Key words: quality of wood, origins, *Pinus taeda*, drying programs.

INTRODUCCIÓN

Actualmente la madera es considerada como un material básico para la industria de construcción y mueblería, presentando las coníferas una importancia fundamental como madera aserrada para la construcción, dada sus características de alta estabilidad estructural y resistencia a la rajadura al ser clavada (FORNES y PAN, 2003)

La madera madura de *Pinus taeda* es ampliamente conocida en el mercado nacional, regional e internacional, siendo la característica más relevantes, su densidad entre 400 a 450 Kg/m³, ubicándose dentro del grupo de los “medianamente livianos”, presentando una variación de densidad entre los anillos de crecimiento localizados cerca de la médula y los próximos a la corteza. Esta variabilidad de densidad hace a la madera susceptible de alabeos (combado de canto, combado de cara, abarquillado y revirado) durante el secado, pudiendo ser mejorada mediante la aplicación de programas de secado adecuados (FERNANDEZ-GOLFIN SECO et al. 1996; ALVAREZ NOVES. 1999; PAN. 1995; GERRERO et al. 1980; INZUNZA, 1991; PAN et al. 2009) Debido a que *Pinus taeda* no presenta tensiones internas de crecimiento tan comunes en otras especies de rápido crecimiento, tiene la particularidad de no presentar problemas de contracciones, lo que favorece la industrialización de sus productos (TINTO, 1978; CENTRO DE AYUDA TÉCNICA, 1965; PAN et al. 1995; FORNES et al. 2003). Sin embargo, ROSENDE et al. 1984; SANCHEZ ACOSTA, 1995 y FERNANDEZ-GOLFIN SECO et al. 1996, reportan, que los problemas más frecuentes en el secado de *Pinus taeda* son los relacionados con las deformaciones producidas por nudosidades en la madera y la presencia de orificios dada la existencia de nudos saltadizos y los alabeos ocasionados por la abundante madera juvenil en algunas de las caras de las piezas. TINTO, 1978, JUNTA DEL ACUERDO DE CARTAGENA, 1989 y FERNANDEZ-GOLFIN SECO et al, 1996; aconsejan que el secado de *Pinus taeda* proveniente de plantaciones no presenta mayores problemas físicos, aunque es muy sensible al ataque de hongos productores de manchas. Realizaron experiencias de un secado rápido mediante estibas muy ventiladas con tratamiento antimoho o por medio de un presecado acelerado. FERNANDEZ-GOLFIN SECO et al. 1996 y ALVAREZ NOVES et al. 2001; reportan que el secado artificial en cámara se ha incrementado en los últimos años siendo la tecnología de secado predominante la tradicional con programas de secado que no superan los 70° a 80° C, con tiempos que no superan los 10 días para gruesos de 55mm. FORNES y PAN 2003; aplicaron en madera joven de *Pinus taeda* un programa de secado desarrollado a partir de un protocolo guía elaborado para esta madera por el Manual de Estacionamiento de Maderas Misioneras

Se empleó un programa de secado, desarrollado a partir de un protocolo guía elaborado para *Pinus taeda* por el Manual para el secado artificial de las maderas

(TINTO, 1980) y modificado en base a una serie de ensayos realizados por los autores, con temperaturas que varían entre 80° a 93.5°C para tablas de 1 pulgada de espesor, obteniendo tiempos óptimos con buena calidad de madera. HILDEBRAND, 1964; FERNANDEZ-GOLFIN SECO et al, 1996; PAN et al, 2014; reportan que es recomendable para disminuir las deformaciones la aplicación de cargas (1000 Kg/m³) en lo alto de las pilas; si bien este método es eficaz en secado a alta temperatura su empleo resulta útil en el secado convencional.

Por eso, considerando el uso de esta especie, el objetivo de este trabajo fue evaluar el comportamiento de la madera proveniente de diferentes orígenes de *Pinus taeda* durante los procesos de secado técnicos.

MATERIAL Y METODO

Material

Como material genético se utilizaron muestras de madera provenientes del ensayo “Orígenes de *Pinus taeda* y *Pinus elliottii*” instalado en el año 1981, en la propiedad del Ingenio “La Fronterita”, Departamento Famaillá, Tucumán, Argentina. Del total del lote de individuos se eligieron 4 ejemplares pertenecientes a dos orígenes de *Pinus taeda* (A y B). Dichos orígenes fueron Livingston-Louisiana (A) y Charleston-South Carolina (B), seleccionados tomando en cuenta la diferencia existente entre la densidad promedio externa y la densidad promedio interna (FORNES y PAN, 2003); reservándose para los ensayos de secado la primera troza ubicada a partir del diámetro a la altura del pecho (DAP) hacia arriba 2,40 m (PAN et al 2009).

Método

Secado de madera de *Pinus taeda* Preparación de las probetas

Del rollo seleccionado se escogió una troza, para la elaboración de los programas de secado. Cada carga estuvo compuesta por los 2 (dos) orígenes de *Pinus taeda*, completando un metro cúbico de madera.

Procedimiento empleado

En cada tabla se identificó el individuo, tipo de corte y troza de la cual provino. Se procedió al encastillado dentro del horno que contó con 50 tablas repartidas en 10 corridas de 5 tablillas cada una, ubicándose tres listones separadores de madera de 25 mm x 35 mm en los extremos y uno en el centro distantes 50 mm entre ellos. En lo alto de la pila se aplicaron cargas de 1000 Kg/m² para disminuir las deformaciones (PAN et al; 2014; FERNANDEZ-GOLFIN SECO et al., 1996). Misioneras y modificado sobre la base de pruebas realizadas por FORNES y PAN, 2003 (tabla 1)

- Programa de calentamiento: se aumentó la temperatura durante ocho horas, hasta llegar a la temperatura de inicio establecida en el período de secado efectivo. (FORNES y PAN, 2003)

- Programa de acondicionado: de acuerdo al espesor de las tablas se aplicó igual tiempo de acondicionado que durante la etapa de calentamiento. (INZUNZA 1991).

Control de calidad del secado

Para evaluar la calidad del secado se utilizó el criterio de clasificación reportado por PAN, 1995 y PAN et al; 2014, que considera los defectos de la madera sometida a un proceso de secado de acuerdo con el destino final para el cual fue seleccionada. En este trabajo se considera como uso final la madera destinada a la construcción (estructurales) siendo las variables analizadas los alabeos y rajaduras, no considerándose el colapso dado que esta madera no presentó este defecto en pruebas realizadas con antelación.

a) Contenido de humedad inicial y final: De acuerdo a lo prescrito por Norma IRAM N° 9532.

b) Rajaduras y Alabeos: De acuerdo al Criterio de clasificación reportado por PAN, 1995.

Diseño Experimental

El diseño experimental correspondió a un arreglo factorial (2x2) totalmente Aleatorizado, en el que los niveles de variación son temperatura y humedad relativa. Los tratamientos se llevaron a cabo en la etapa de secado efectivo, manteniendo constantes los períodos de calentamiento y acondicionado. El modelo asumido para el análisis es:

$$Y_{klj} = \mu + \tau_k + \delta_l + (\tau\delta)_{kl} + \varepsilon_{klj}$$

Y_{klj} = valor observado

μ = media poblacional del ensayo

τ_k = efecto temperatura

δ_l = efecto humedad relativa

$\tau\delta$ = combinación temperatura – humedad relativa

Los tratamientos de temperatura y humedad relativa se determinaron estableciendo intervalos entre valores iniciales y finales; teniendo como base el protocolo testigo elaborado para *Pinus taeda* (ver tabla 3)

Tabla 1 Programa de secado artificial para madera de *Pinus taeda* de 1 pulgada de espesor.

Tabla 1: Artificial drying program of *Pinus taeda* wood 1 inch thick.

| Contenido de Humedad | Temperatura Bulbo Seco | Temperatura Bulbo Húmedo | Diferencia Psicrométrica | Humedad Relativa | Duración (horas) |
|----------------------|------------------------|--------------------------|--------------------------|------------------|------------------|
| CH Verde | TBS | TBH | DP | HR | T |
| 40-30 | 80,0 | 76,0 | 4 | 83 | 33 |
| 30-20 | 90,0 | 81,0 | 9 | 67,5 | 8 |
| 20-15 | 93,5 | 77,5 | 16 | 52 | 12 |
| 15-10 | 93,5 | 71,5 | 22 | 40 | 9 |
| | 93,5 | 71,5 | 22 | 40 | 11 |

Tabla 2: Clasificación de los defectos e intensidad en madera destinada a la construcción.

Tabla 2: Classification of defects and intensity of wood for construction.

| Clasificación de alabeos, rajaduras y colapsos | | | | | | |
|--|------------|---|-----|---|-----|--|
| DEFECTO | INTENSIDAD | | | | | |
| Alabeos | NA | L | L-I | I | M-I | |
| Rajaduras | NA | P | M | G | M-G | |

NA: no acepta defecto, L: leve P: pequeña, L-I: leve intensa, I: intensa, M-I: muy intensa, G: grande, M-G: muy grande, M: mediana

Tabla 3: Tratamientos de temperatura y humedad relativa.

Tabla 3: Treatments of temperature and relative humidity.

| Tratamientos | Temperatura1 (T 1) | Temperatura2(T 2) |
|-------------------------|---------------------|-------------------|
| Humedadrelativa1 (HR 1) | T 1 x HR 1 | T 2 x HR 1 |

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Programa de secado convencional

VARIABLES DEL PROCESO

Los procesos de secado se desarrollaron en cuatro etapas; calentamiento, secado efectivo, vaporizado y acondicionado. Se aplicaron ocho horas de calentamiento (FORNES y PAN, 2003) y ocho horas de acondicionamiento (INZUNZA, 1991). El primer ensayo de secado fue resultado de la combinación de las variables temperatura 1 (80°C- 93.5°C) por humedad relativa 1 (83%- 40%; ver tabla 4).

Si bien las variables del secado aplicadas fueron drásticas (TBS, HR y DP) el cociente de secado se inició a partir del punto de saturación de las fibras con un valor de 3,50 llegando al final a 2,50; lo que estaría indicando que dentro de la severidad del programa propuesto, se desarrolló una secuela de secado en un tiempo total de 85 horas (cuatro días) con un tiempo de secado efectivo de 69 horas; considerándose de moderado a rápido.

El segundo ensayo de secado fue el resultado de la combinación de temperatura 2 (70°C-90°C) por humedad relativa 1 (83%- 40%). Los resultados del segundo programa muestran que los cocientes de secado obtenidos (3,68 a 2,50) presentan prácticamente la misma variación que en el caso anterior; sin embargo los tiempos alcanzados en cada etapa de secado efectivo fueron de mayor duración que en el primer ensayo. El tiempo total de secado fue de 145 horas (seis días) superando ampliamente al ensayo anterior, lo que estaría mostrando características de un programa moderado apto para este tipo de maderas.

Tabla 4: Programas de secado artificial.

Tabla 4: Artificial drying programs.

| Programas | Tiempo total de secado | Cociente de secado |
|---|------------------------|--------------------|
| 1 - (T1 X HR1) (80° - 93,5° X 83% - 40%) | 85 HS | 3,50 – 2,50 |
| 2 - (T2 X HR1) (70° - 90° X 83% - 40%) | 145HS | 3,68 – 2,50 |

Calidad de la madera secada

Se realizó la evaluación de los alabeos (combado de cara, combado de canto, abarquillado) y rajaduras teniendo en cuenta el uso de madera destinada a la construcción.

En el primer programa la calidad del secado fue regular, en lo relativo a la presencia de rajaduras superficiales (10%) y al porcentaje de deformaciones (35%) que se consideran moderadas teniendo en cuenta la elevada nudosidad de la madera, los orificios producidos por la existencia de nudos saltadizos y por la presencia de madera juvenil en algunas caras de la pieza. Cabe destacar que el valor de la humedad final alcanzada (10%) coincidió con la propuesta.

De las 50 tablas ensayadas, un 10 % presentó rajaduras, siendo un 6% medianas y un 4% grandes situándose con mayor frecuencia sobre los cantos de las tablillas. De los alabeos, el que se presentó con mayor frecuencia e intensidad fue el combado de cara afectando a un 15 %, de las tablas y en orden decreciente el combado de canto (10%) y el abarquillado (10%) con intensidades entre leve y leve-intenso (ver tabla 5)

Los orígenes de *Pinus taeda* jóvenes presentaron una tendencia marcada al combado de cara siendo el alabeo que afecta en mayor intensidad y frecuencia el secado de esta madera, mientras que los resultados muestran un porcentaje moderado del combado de canto (10%) el cual es considerado como un defecto descalificador para su posterior uso de esta madera.

La calidad del segundo programa de secado fue muy buena, dado el valor de la humedad final alcanzada (10%), el menor porcentaje de alabeos (12%) y un decrecimiento en el porcentaje de rajaduras (5%). Los resultados del segundo ensayo muestran, que la presencia de los alabeos mas destacados (combado de cara y canto) descienden a un 9%, sin exhibir el defecto de revirado; mientras que las rajaduras se reducen desde una 10% a un 5%, observándose un decrecimiento en la intensidad de grandes y medianas a pequeñas.

Los resultados del primer programa muestran que al origen A le corresponden un 25% de tablillas afectadas con combado de canto y cara siguiendo el origen B con un 10%. El mayor porcentaje de rajaduras fue asignado al origen A con un 7% continuando el origen B con un 3% (tabla 5).

En el segundo programa los mejores resultados producto de la menor presencia de los alabeos mas descalificadores (combado de cara y abarquillado) se dieron en el origen B seguido por el origen A. En relación a las rajaduras el origen A presentó el máximo número de tablas afectadas (5%) mientras que el origen B no acusó este problema (tabla 5).

Tabla 5: Calidad de madera secada.
 Tabla 5: Dried wood quality.

| Programas | Alabeos | | | Rajaduras | |
|---|---------|---------|--------|-----------|--------|
| 1 | 35% | 15% (a) | 10% L | 10% | - |
| | | | 5% L-I | | |
| | | | 0% I | | |
| | | 10% (b) | 7% L | | 6% M |
| | | | 3% L-I | | |
| | | | 0% I | | |
| | | 10% (c) | 5% - L | | 4% G |
| | | | 5% L-I | | |
| | | | 0% I | | |
| | | 0% (d) | 0% L | | 0% M-G |
| | | | 0% L-I | | |
| | | | 0% I | | |
| 2 | 12% | 6% (a) | 6% L | 5% | 5% P |
| | | | 0% L-I | | |
| | | | 0% I | | |
| | | 1% (b) | 1% L | | 0% M |
| | | | 0% L-I | | |
| | | | 0% I | | |
| | | 5% (c) | 5% L | | 0% G |
| | | | 0% L-I | | |
| | | | 0% I | | |
| | | 0% (d) | 0% L | | 0% M-G |
| | | | | | |
| | | | | | |
| (a) Combado de cara, (b) combado de canto, (c) abarquillado, (d) revirado | | | | | |

Tabla 6: Calidad de madera: orígenes.
 Tabla 6: Wood quality: origins.

| | Programas | Alabeos | Rajaduras |
|---|--|---------|-----------|
| 1 | Buen comportamiento ante el defecto | | B |
| | Regular comportamiento ante el defecto | B, A | A |
| | Mal Comportamiento ante el defecto | | |
| 2 | Buen comportamiento ante el defecto | B, A | B |
| | Regular comportamiento ante el defecto | | A |
| | Mal Comportamiento ante el defecto | | |

CONCLUSIONES

El programa obtenido de la combinación T2xHR1, presentó el menor porcentaje de alabeos (12%), rajaduras (5%) en un tiempo de seis días.

Los alabeos mas descalificadores fueron combado de cara y abarquillado, seguidos por el combado de canto y rajaduras.

El origen B fue el que presentó las mejores respuestas ante los alabeos y rajaduras, seguido del origen A.

BIBLIOGRAFÍA

ÁLVAREZ NOVES, H.; FERNÁNDEZ-GOLFIN SECO, J. I. 2001. Secado de la madera aserrada de *Eucalyptus globulus* al vacío continuo con vapor sobrecalentado. Comparación con el secado tradicional en cámara. AITIM N° 181. Madrid, España.

ALVAREZ NOVES, H. 1999. Secado de la madera de pino del país vasco. Centro Técnico de la Madera del País Vasco, pp 30.

CENTRO REGIONAL DE AYUDA TÉCNICA, 1965. Secado de la madera. Manual de operaciones para el programa de cooperación. Agencia para el Desarrollo Internacional (AID), México, pp159.

- FERNÁNDEZ – GOLFÍN SECO, J.; EIZMUNDI, J.; PEREA, E. 1996. Manual del Usuario *Pino Insignis* del País Vasco. Centro Técnico de la Madera del País Vasco, ZTB, pp 73.
- FORNES, L.; PAN, E. 2003. Estabilidad dimensional, densidad básica y productividad en orígenes de *Pinus elliottii* Var. *Elliottii* y *Pinus taeda*. Proyecto forestal de desarrollo, 1996-2004 SAGPyA/BIRF. ISBN 987-9184-42-4.
- GUERRERO, R.; INZUNZA, L. 1980. Comportamiento de tablas de *Eucalyptus globulus* (Labill), creciendo en Colcura, sometidas a un programa de secado australiano. Facultad de Ingeniería Forestal, Universidad Austral de Chile. Serie técnica. Informe de convenio. N° 25, pp 16.
- HILDEBRAND, R. 1964. El secado de madera aserrada. Comercial Sagrera, S. A. Sabadell (España).
- INZUNZA, L. 1991. Ensayos de secado artificial de madera de Olivillo (*Aextoxicon punctatum* R. Et Pav.) de 1" de espesor. Actas VII Reunión sobre Investigación y Desarrollo de Productos Forestales. Universidad Austral de Chile. Valdivia, pp 275-287.
- JUNTA DEL ACUERDO DE CARTAGENA, MANUAL DEL GRUPO ANDINO PARA EL SECADO DE MADERAS. 1989. Proyecto Subregional de Promoción Industrial de la Madera Para Construcción, pp124.
- PAN, E.; MEDINA, J. C.; UMLANDT, M.; BARRIONUEVO, S.; RUIZ, A. 2014. Comportamiento en el secado artificial de orígenes de *Eucalyptus camaldulensis* para su utilización como madera sólida. Ingeniería Solidaria, V 10 N° 17. Santiago del Estero, Argentina, pp 11-18.
- PAN, E.; RUIZ, A.; RUIZ, E. 2009. Propiedades tecnológicas de la madera—la parte. Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Nacional de Santiago del Estero. Editorial Lucrecia. Santiago del Estero, Argentina, pp 184.
- PAN, E. 1995. "Secado artificial en madera de renovales de Raulí (*Nothofagus nervosa*)", Tesis de Magíster. Universidad Austral de Chile. Valdivia, Chile, pp 200.
- PAN, E.; FORNES, L.; 1995. Secado artificial convencional en madera de *Eucalyptus grandis* que crece en Tucumán. Instituto de Tecnología de la Madera. Facultad de Ciencias Forestales. UNSE. Trabajo inédito, pp 8.
- ROSENDE, R.; CASTILLO, H. 1984. "Contracción, colapso, y juego de maderas chilenas". Boletín informativo N° 27. Instituto Forestal. Santiago, Chile, pp 23.
- SÁNCHEZ ACOSTA, M. 1995. "Experiencia argentina en el uso de la madera de eucalipto", Seminario Internacional de Utilizaçao Da Madeira de Eucalipto para Serraria. IPT – IUFRO. Sao Paulo, Brasil, pp 9.
- TINTO, J. 1980. Manual para el Estacionamiento de Maderas Misioneras. Consejo Federal de Inversiones. Argentina, pp 122.
- TINTO, J. 1978. Aportes del sector forestal a la construcción de viviendas. Folleto Técnico Forestal N° 44. Segunda Edición. Argentina, pp 142.

FICHA TÉCNICA

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

Cedrela fissilis Vell. (Cedro misionero)

FAMILIA
Meliaceae

CARACTERÍSTICAS DE LA ESPECIE

Hojas: Compuestas, pinadas, alternas, que alcanzan gran longitud, con presencia de pelos.

Flores: dispuestas en inflorescencias en panículas muy grandes.

Frutos: cápsula piriforme, castaña oscuro con puntos claros, dehiscente, que se abre en 5 valvas. Frutos contienen en promedio 50 semillas (Fig. 1)

Semillas: Castañas, aladas. (Fig. 2)

Cotiledones: oblongos, color verde claro (GARTLAND *et al.* 1990) (Fig. 3)

FENOLOGÍA DEL CICLO REPRODUCTIVO (EIBL *et al.* 2002)

Floración: septiembre a noviembre

Fructificación: de febrero a junio.

Dispersión: junio-agosto.

MANEJO DE FRUTOS Y SEMILLAS

Cosecha: se realiza en el árbol antes y al inicio de la dispersión, cuando algunos frutos comienzan a abrirse, generalmente entre junio a agosto.

Acondicionamiento: los frutos son puestos en ambientes ventilados y secos hasta que se abran solos, en caso de requerir aire caliente, no debe superar los 35°C.

Numero de semillas por kg: 22000 a 45000 semillas/kg.

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

VIVERIZACIÓN

Tratamiento pregerminativo: no requiere.

Poder germinativo: 70 a 90 % cuando se trata de semillas cosechadas en su momento óptimo de cosecha.

Siembra: sembrar directamente 1 semilla en cada envase. Inicia su germinación a los 5 a 10 días. La germinación es homogénea y se completa a los 28 días.

Envases: bolsas de polietileno y/o en tubetes.

Sustratos: puede utilizarse mantillo de monte solo o con tierra arcillosa, así como también corteza de pino compostada con 1,5 a 3 Kg. de fertilizante de liberación lenta por metro cúbico de sustrato.

Plagas en vivero: no se observaron plagas o enfermedades.

Tiempo de viverización: es de 3 a 6 meses, lográndose altura total 35 a 60 cm, dependiendo del sistema de producción. (Fig. 4 y 5)

CARACTERÍSTICAS SILVICULTURALES

Exigencia lumínica: es una especie heliófita. (EIBL *et al.* 2003).

Hábito de crecimiento: presenta crecimiento monopódico en la primera etapa (EIBL *et al.* 2003).

Sensibilidad a heladas: es sensible en los primeros años, luego desarrolla una yema tolerante (EIBL *et al.* 2003).

ESTABLECIMIENTO DEFINITIVO

Métodos de plantación: Plantas de tubetes con 20 a 40 cm de altura.

Eibl Beatriz
González Cecilia

Laboratorio de análisis de Semillas y Banco regional de Semillas de la Facultad de Ciencias Forestales

Requiere un pozo profundo al momento de la plantación (80 cm a 1m). Plantada a cielo abierto en plantaciones mixtas (protegidas por la vegetación natural circundante) y/o en enriquecimiento (se recomienda pocos ejemplares en mezcla para minimizar daños por plagas) (EIBL *et al.* 2003).

Plagas: en plantaciones y en enriquecimiento es afectado por una plaga denominada mariposita del cedro, (*Hypsiphylia grandella*) (EIBL *et al.* 2003).

Datos de crecimiento: crece bien aun en suelos medianamente fértiles; tienen un crecimiento de 65 cm/año de altura (experiencias locales) (EIBL *et al.* 2003). (Fig. 6)



Figura 1: *Cedrela fissilis*. Frutos.



Figura 4: *Cedrela fissilis*. Plantines en tubetes de 140 cm³ a los 3 meses.



Figura 2: *Cedrela fissilis*. Semillas.



Figura 3: *Cedrela fissilis*. Detalle de cotilédones y primer par de hojas.



Figura 5: *Cedrela fissilis*. Plantín en tubete de 250 cm³ a los 2 meses.



Figura 6: *Cedrela fissilis*. Plantas a campo, a los 2 (dos) años de la plantación, protegidas por las malezas originadas en la sucesión inicial.

BIBLIOGRAFIA

CARVALHO P E R. 1994. Especies forestais brasileiras. Recomendacoes silviculturais, potencialidades e uso da madeira. EMBRAPA. CNPF/SP. Brasil. 639 pp.

EIBL B; BOHREN A, MENDEZ R, SOSA G. DI STASI M. 2002. Especies forestales nativas de la Selva Paranaense. 30 Fichas de divulgación. Formato CD. Pecom Forestal S.A / F.C.F.- UNaM.

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.

GARTLAND H M; BOHREN A V; MUÑOZ D; OTTENWELLER G F. 1990. Descripción y reconocimiento de las principales especies forestales de la Selva Misionera en el estado de plántulas. Primera entrega. Yvyrareta 1 (1): 67-90.

FICHAS TÉCNICAS

ARBOLES DE MISIONES

Lonchocarpus campestris Mart.ex Benth.

Syn: *L. albiflorus* Hassler. *L. leucanthus* Burkart.

NOMBRE VULGAR: “Rabo itá” en Argentina; “yvyráitá” en Paraguay; “rabo de bugio”. “rabo de macaco”, “angelim bravo” en Brasil.

GENERALIDADES

Árbol originario del Paraguay, Brasil y noreste de Argentina en la Selva Paranaense (Misiones y norte de Corrientes), (ZULOAGA *et al.*, 2009).

Expresivade la Selva Paranaense, integrante del estrato medio de esta formación, alcanza una frecuencia de 5 a 10 ejemplares superiores a los 10 cm de d.a.p. por hectárea, constituye uno de los árboles más abundantes (GARTLAND & PARUSSINI, 1990). Especie de segunda magnitud, heliófila, pionera, de follaje caduco e inerte, (LOPEZ *et al.*, 1987; LORENZI, 1998).

El “rabo itá” florece durante los meses de noviembre a enero y los frutos maduran de febrero a junio (EIBL *et al.*, 1997). Número de semillas por kilo y por fruto 8.000 y 1 a 3 unidades respectivamente, (LORENZI, 1998).

DESCRIPCIÓN DE LOS ESTADIOS DE VIDA

ESTADIO DE PLÁNTULA (GARTLAND *et al.*, 1991)

Germinación epigea.

Sistema radicular con un eje único en sus inicios, que evoluciona hasta un sistema de ramificaciones secundarias hacia la formación de las primeras hojas.

Hipocótilo recto; de sección circular; de 31 (20-40) mm de altura; con mayor diámetro en la base, presenta pelos cortos y blanquecinos con mayor densidad hacia el ápice; color verde blanquecino en la base y verde amarillento hacia el ápice.

Cotiledones pequeños; de 12,1 (11-14) mm de long. y 7,1 (5-8) mm de lat.; opuestos; sésiles. Lámina oblonga; concolor; verde amarillento cuando son jóvenes y verde oscuro cuando completan su desarrollo; consistencia carnosa; superficie lisa y glabra de sección cóncava-convexa; ápice redondeado; base truncada asimétrica; borde entero y glabro; se observa una sola nervadura central (**Figura 1**).

Primerpar de hojas: compuestas unifolioladas; opuestas; pecioladas: pecíolo de 10 mm de long., canaliculado, pubescente; estipuladas, presenta un par de estípulas escamiformes ciliadas. El raquis se reduce a un punto y a continuación se desarrolla un peciolulo notablemente engrosado de 3 mm de long. Folíolo: terminal de lámina oval a deltoidea de 24,5 (18-30) mm de long. y 18 (12-25) mm de lat.; concolor: verde amarillento; consistencia membranosa; superficie rugosa con el envés pubescente; ápice agudo a acuminado; base obtusa a redondeada; borde entero y ciliado; venación en retículo.

Segundo par de hojas: compuestas; imparipinadas (trifolioladas); alternas, de 54 (44-71) mm de long. y 70,5 (55-105) mm de lat.; pecioladas: pecíolo de 30 mm de long., canaliculado, pubescente con pelos cortos blanquecinos, en la base presenta un par de estípulas escamiformes y ciliadas. Raquis canaliculado y pubescente. Folíolos: trifoliolados, el terminal de mayor tamaño, subsésiles, peciólulos engrosado de 2 mm de longitud, pubescente. Lámina elíptica a oval; discolor: verde opaco haz y verde claro el envés; consistencia membranosa;

Luis Alberto Grance
Ing. Forestal. Titular
Interino, FCF-UNaM

Pablo Andres Poszkus
Ing. Forestal. Adj. Interino,
FCF-UNaM

Guillermo Küppers
Estudiante FCF-UNaM

Angélica María Aguilera
Ing. Forestal. Ayud.
Primera; FCF-UNaM

Alicia Violeta Bohren
M.Sc. Ing. Forestal.
Profesor Titular, Facultad
de Ciencias
Forestales_UNaM

superficie ligeramente rugosa y pubescente sobre las nervaduras en el envés; ápice agudo; base obtusa a redondeada; borde entero y ciliado; venación en retículo.

ESTADIO JUVENIL

Ramificación media a tardía, simpodial.

Tallo cilíndrico durante todo el estadio de renuevo y recto; ocasionalmente tortuoso. Coloración gris-verdoso a castaño-parduzco en la porción suberificada (basal), en ocasiones se observan manchas verdosas a nivel subepidérmico y gris-verdoso a castaño-violáceo en la región apical. **Lenticelas** elípticas y ranuriformes en el sector basal, con abertura y disposición horizontal; hacia el sector medio y apical se observa una transición a las formas elípticas y circulares con disposición y abertura variada: horizontal y vertical; color castaño a gris-blanquecino; distribución difusa, en sectores se presentan en columnas verticales sinuosas o bien con cierta tendencia a la distribución anular. Densidad media a alta. **Corteza** áspera por presencia de lenticelas a ligeramente fisurada (fisuras de poca profundidad); en ciertos sectores, sobre todo en aquellos en los que el tallo varía la dirección de crecimiento se observan pliegues delgados del ritidoma, que llegan a ocupar hasta 2/3 del perímetro del tallo; dichos pliegues se ubican horizontalmente y tienden a dar un aspecto anillado al tallo.

Rámulos con nudos poco demarcados; entrenudos cilíndricos, rectos a algo curvos, ligeramente canaliculados y de color pardo a ligeramente violáceo, pubérulos. Lenticelados; lenticelas circulares y elípticas, pequeñas; con disposición y abertura vertical; densidad media y color castaño claro. **Cicatrices** foliares obdeltoides y circulares, menos frecuente semicirculares, muchas veces de forma imprecisa, pequeñas; color gris claro a castaño claro; rastros libero-leñosos no visibles con lupa de mano; superficie plana a cóncava, ligeramente mensulada. **Cicatrices** estipulares lineares. Yema apical terminal y subterminal. Yemas axilares simples, peruladas y pubescentes. **Médula** de sección circular a cuadrangular; composición continua; color blanquecino; ubicación central.

Hojas compuestas imparipinadas; de filotaxis alterna (1/2 o 1/3); De 11,9 (5,1 - 19,2) cm de longitud total; pecioladas: pecíolo de 2,7 (1,0 - 5,2) cm de largo, canaliculado, con pulvínulosubcilíndrico y ligeramente curvo; estipuladas, estípulas pequeñas triangulares ciliadas. **Folíolos** opuestos en número de 5 a 7 por hoja, insertos sobre un raquis canaliculado; peciolulado, peciólulos cilíndricos, de 0,25 (0,15 - 0,30) cm de largo. **Lámina** elíptica a largamente elíptica, más raro obovada y elíptico-lanceolada; de 4,6 (3,8 - 5,4) cm de largo por 2,2 (1,0 - 3,8) cm de ancho; borde entero; ápice acuminado a ligeramente mucronado; base aguda a obtusa, en ocasiones ligeramente

asimétrica; superficie lisa y el envés pubescente, de consistencia algo papirácea.

ESTADIO ADULTO

Árbol de **porte** mediano a grande, alcanza entre los 20 a 30 m de altura total y diámetros a la altura de pecho (d.a.p.) de 35 a 45 cm, máximo de 80 cm) (GARTLAND y PARUSSINI, 1990). La forma forestal (dentro de la selva) presenta **hábito** de copa alta (**Figura 2**); **concopa** orbicular a semiorbicular, en crecimiento aislado presenta hábito de copa baja y copa oblonga a elíptica extendida; ramificación dicotómica ascendente, relativamente pequeña, de tipo simple o compacta; follaje densifoliado de color verde oscuro y brillante, caduco. El **fuste** es recto, de tipo circular, con la base ligeramente reforzada, aunque nunca conforma raíces típicamente tabulares. La **corteza** es persistente, de diseño áspero por la presencia de lenticelas ordenadas en hileras transversales (**Figura 3**). **Estructura** cortical simple del tipo flamiforme que supera las dos terceras partes de la corteza interna (**Figura 4**), radios poco visibles, presenta floema estratificado.

Hojas compuestas, imparipinadas, alternas, estipuladas, de 5 a 8 cm de largo, con 7-9 folíolos pequeños (**Figura 5**), elíptico-lanceolados, retinervadas, pubescente sobre el envés especialmente sobre la nervadura central con pelos cortos blanquecinos, de 2-5 cm de largo y 1-2 cm de ancho, que le dan un aspecto fino al follaje.

Inflorescencia en racimos axilares de 3 a 11 cm de longitud, con flores blanquecinas. El **fruto** es una vaina oblonga chata, pilosa, de 2,5-7,5 cm de largo por 1-2 cm de ancho, conteniendo de 1 a 3 **semillas** ovales blanco-verdosas de 1-2 cm de largo por 0,5-1 cm de ancho.

CARACTERÍSTICAS DE LA MADERA

El leño presenta albura y duramen diferenciados, la primera (de gran desarrollo) es blanco-amarillenta y la segunda amarillo-ocrácea, diseño veteado, textura mediana y heterogénea, grano recto. La maderaaes dura y pesada, se utiliza para carrocerías, carpintería en general, tirantería, pisos, tarimas, marcos para aberturas, implementos agrícolas, láminas, parquets, leña, carbón y tablas. Es también un árbol melífero y a menudo se cultiva como ornamental por sus flores fragantes y vistosas. (BOHREN, 2005; TINTO *et al.*, 1972, TINTO, 1978).

Anillos de crecimiento poco demarcados por la presencia de parénquima marginal, porosidad difusa, poros solitarios y múltiples radiales cortos de 2 a 3 pequeños; parenquima paratraqueal vasicéntrico y vasicéntrico confluyente en bandas angostas, algunos poros obstruidos con gomoresina. Radios leñosos angostos no visibles a ojo desnudo, (BOHREN, 2005).

PROPIEDADES DE LA MADERA

(Fuente BOHREN, 2005)

Propiedades físicas (15 % de humedad)

Densidades (Kg/dm³):

Anhidra: 0,86

Estacionada: 0,90

Saturada: 1,10

Básica: 0,73

Contracciones totales (%):

Axial: 1,30

Radial (R): 6,29

Tangencial (T): 10,74

Relación (T/R): 1,71

Propiedades mecánicas:(Madera con 15% de humedad)

Flexión estática (Kg/cm²)

Módulo de rotura: 1.159

Módulo de elasticidad: 205.196

Comprensión axial (Kg/cm²):

Módulo de rotura: 522

Módulo de elasticidad: 59.221

Dureza (Kg/cm²)

Transversal: 795

Radial: 810

Tangencial: 739

Corte o cizallamiento paralelo a las fibras (Kg/cm²)

Radial: 184

Tangencial: 235

Tracción perpendicular a las fibras (Kg/cm²)

Radial: 70

Tangencial: 50

Clivaje o rajadura (Kg/cm)

Radial: 126

Tangencial: 102

GARTLAND, H. M. y M. PARUSSINI. 1990. Caracterización dendrométrica de treinta especies forestales de Misiones (Primera entrega). Revista Yvyrareta N° 1. Año 1. p: 5-28. ISIF. Facultad de Ciencias Forestales de Eldorado. UNaM. Argentina.

GARTLAND, H. M.; BOHREN, A. V.; MUÑOZ, D. y G. OTTENWELLER. 1991. Descripción y Reconocimiento de las Principales Especies Forestales de la Selva Misionera en el Estado de Plátula. 2da. entrega. Revista YVYRARETA. N° 2. Año 2. p:70-101. ISIF. Facultad de Ciencias Forestales de Eldorado. UNaM. Argentina.

LORENZI, H. 1998. Árvores Brasileiras. Manual de Identificação e Cultivo de Plantas Arbóreas do Brasil. Vol2. 2da. ed. San Paulo, Editora Plantarum. 352 p.

TINTO, J. C. 1978. Aporte del Sector Forestal a la Construcción de Viviendas. Instituto Forestal Nacional. Buenos Aires. Folleto Técnico Forestal N° 44:142p.

TINTO, J. C.; BOGGIANO, J. F.; CASTIGLIONI, J. A.; GENS, L. y S. KOVALSKY. 1972. Panorama Maderero Industrial Argentino. Cámara de Aserraderos y Depósitos de Madera. VII Congreso Forestal Mundial. Buenos Aires. 320 p.

ZULOAGA, F. O.; MORRONE, O. y M. BELGRANO. 2009. Catálogo de las plantas vasculares del Cono Sur. Argentina, sur de Brasil, Chile, Paraguay y Uruguay. Missouri Botanical Garden Press. <http://www2.darwin.edu.ar/Proyectos/FloraArgentina/FA.asp>

BIBLIOGRAFIA

BOHREN, A. 2005. Evaluación del potencial para la producción de chapas decorativas de 13 especies arbóreas de la selva misionera. Informe de Tesis para a la Maestría en Ciencias de la Madera, Celulosa y Papel. UNaM. 181 p.

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

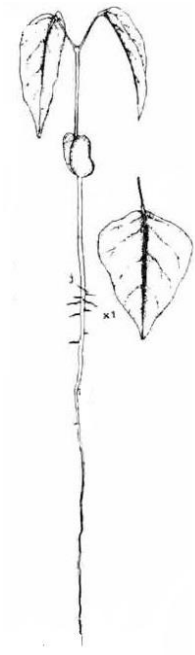


Figura 1: Plántula de "Rabo itá".



Figura 2: "Rabo itá" Forma forestal, habito de copa alta, copa orbicular.



Figura 3: "Rabo itá" Corteza con diseño áspero y lenticelas en hileras transversales



Figura 4: Sección transversal de la corteza de "rabo itá" con estructura simple flamiforme.



Figura 5: Vista del rámulo del "Rabo itá".

FICHA TECNICA

FRUTOS Y SEMILLAS DE INTERÉS FORESTAL

Anadenanthera colubrina (Vell.) Brenan

FAMILIA

Fabaceae

SINONIMIA

A. colubrina var. *cobil* (Griseb.) V. Reis.

A. macrocarpa (Benth.) Brenan.

Piptadenia macrocarpa Benth.

NOMBRES VERNÁCULOS

Argentina: cebil, c. colorado, c. moro, curupay.

Paraguay: kurupa'y kuru.

Brasil: angico vermelho.

CARÁCTER

DE

RELEVANCIA

Las semillas pierden rápidamente su poder germinativo, y se recomienda la siembra lo antes posible después de la cosecha. Es necesario cosechar los frutos cuando empiezan a ponerse color marrón, para evitar que se abran espontáneamente con el calor (López J. 1987). La germinación de las semillas ocurre en un 70 %, previa inmersión en agua a temperatura ambiente durante 24 horas, la germinación se inicia a partir de los 12 días (Valdora E. 1999).

HÁBITAT Y SISTEMA REPRODUCTIVO

Es una especie heliófita que requiere aperturas o claros amplios para regenerarse naturalmente (López J, 1987). Flores hermafroditas dispuestas en inflorescencias en capítulos esféricos. Florece de septiembre a diciembre.

USOS

Es de mucha importancia en usos agroforestales y silvopastoriles. Cercos vivos. La corteza es rica en taninos y se usa para la curtiembre de cueros (Orfila E.1995) Crecimiento

rápido entre las especies de madera dura. También para la producción de leña y carbón (Carvalho, P. 1994) Árbol melífero. Debido a su aptitud para colonizar deslizamientos de laderas, se recomienda sus usos como estabilizador de caminos de montaña (Lorenzi, H.2008). Los frutos son venenosos (Lorenzi, H. 2008). Sus semillas pulverizadas se utilizan en pipas solo o acompañada de tabaco como polvo para inhalar (Pochettino, M.2015)

FRUTOS

Legumbres de 8-25 x 2-3 cm. Monotalámicos. Lineales rectos, y en otros casos falcados, de márgenes sinuosos y contraídos, ápice ahusado y curvado, base estipitada (Fig. A). Comprimidos lateralmente. Polispérmicos, semillas dispuestas en una serie no superpuestas, con cámaras seminales bien visibles por la tonalidad más oscura del endocarpio lustroso y liso (Fig. B). Monocárpico. Deriva de un ovario súpero. Pericarpo castaño rojizo, rugoso debido a las profusas y abundantes nerviaciones de distintos grosores, brillante y subleñoso. Placentación marginal. Dehiscencia sutural simple, es pasiva a lo largo de la vena media (Fig. C).

SEMILLAS

Semillas grandes de 13-14 x 14-17 x 1-2 mm. Irregularmente circulares de bordes agudos (Fig. D y G). Aplanadas y de bordes agudos (Fig. G). Cubierta seminal castaño rojiza, lisa, brillante y cartácea. Pleurograma discreto, abierto en el extremo hilar, asimétrico, es pequeño en comparación con la superficie de las caras, la forma del mismo en muy irregular de semilla a semilla (Fig. D).

Dora Miranda

Prof. Titular Morfología Vegetal. Facultad de Ciencias Forestales. UNaM. Calle Bertoni N°124 (C.P. 3380), Eldorado Misiones.

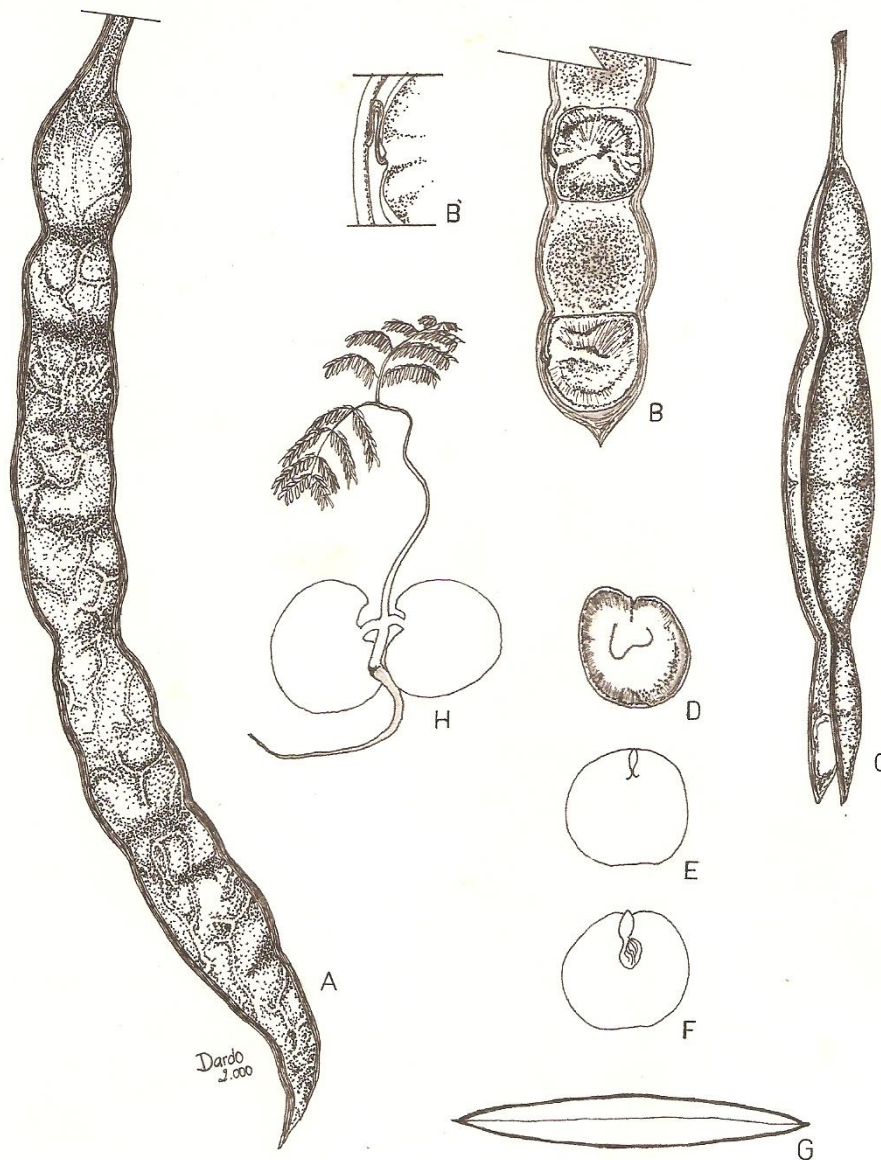
Dardo Paredes

Ex Becario Proyecto: "Frutos y semillas de especies forestales nativas" FCF

Areola de coloración semejante al resto de la cubierta seminal. Ala concéntrica ligeramente uniforme, delgada y débil. Funiculo filiforme, a veces no persistente, curvado (Fig. B'). Hilo ligeramente discernible, basal, expuesto, elíptico, de color más claro que el resto de la cubierta seminal, se halla hundido. Corona hilar ausente. Micrópilo indiscernible a simple vista, con ayuda de una lupa de 15 x, se observa que es basal y se halla hundido. Lente ligeramente discernible, basal, elíptico, amarillo y se halla al raz del resto de la cubierta seminal.

Exospermadas. Embrión inverso, amarillo, bilateralmente simétricos, a veces asimétricos y cartáceos (Fig. E). Cotiledones planos convexos, irregularmente circulares, iguales y desiguales, lisos, márgenes enteros, ápice y base obtusa (Fig. F). Eje embrional inclinado, plúmula bien desarrollada e hipocótilo-radícula bulbosa (Fig. F).

Nº de semillas por kg.:7500 (López J. 1987) a 15.600 (Lorenzi, H.2008).



Anadenanthera colubrina (Vell.) Brenan. A. Vista general del fruto con numerosas nerviaciones y bordes profusamente marcados (x 1). B. Vista interna del fruto exhibiendo la disposición de las semillas (x 1). B'. Detalle del funículo curvo (x 2). C. Fruto una vez producida la dehiscencia (x ½). D. Aspecto externo de la semilla (x 1). E. Vista externa del embrión inverso (x 1). F. Vista interna del embrión donde se puede apreciar la plúmula bien desarrollada (x 1). G. Sección transversal de la semilla exhibiendo la delgada cubierta seminal y los cotiledones (x 4). H. Plántula con el primer par de hojas juveniles desarrolladas (x 1).

BIBLIOGRAFIA

CARVALHO, P. 1994. Especies florestais brasileiras .EMBRAPA. Brasilia

GUNN, C.1991.Fruits and seeds of genera in the subfamily Mimosoideae (Fabaceae). United States Department of Agriculture. Tecnical Bulletin Number 1755

LORENZI, H. 2008. Árbores brasileiras. Manual de identificacao e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. Nova Odessa: Instituto Plantarum. Vol. 01. 5ª Ed. San Pablo.

LORENZI, H., ABREU MATOS F. J. 2008. Plantas medicinales no Brasil nativas e exóticas. Nova Odessa: Instituto Plantarum. 2ª Edición.

LÓPEZ, 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 Sistemática de Dicotiledóneas. Universidade Federal de Vicosa .

NIEMBROS ROCAS, A. 1988. Semillas de árboles y arbustos. Ontogenia y estructura. Editorial Limusa. México

NIEMBROS ROCAS, A.1989. Semillas de plantas leñosas. Morfología Comparada. Editorial Limusa. México.

NIEMBROS ROCAS, A. 1992. Formato descriptivo para la caracterización morfológica de semillas de leguminosas de importancia agroforestal. Semina 2, Año 1. Universidad Autónoma de Campeche. México

ORFILA, E. N; 1995. Frutos, Semillas y Plántulas de la Flora Argentina. Ediciones Sur.

POCHETTINO, M. 2015. Botánica Económica. Sociedad Argentina de Botánica.448 p. Ciudad Autónoma de Buenos Aires

VALDORA, E y SORIA, M. 1999. Arboles de interés forestal y ornamental para el noroeste Argentino. Facultad de Ciencias Naturales. Universidad Nacional de Tucumán.

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 técnica científica. Los artículos serán: **Trabajos de investigación** comprenden 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.

FORMATO

Los trabajos deberán ser presentados en hojas de formato A4, escritas a doble espacio e impresas en procesador de texto Microsoft Word para Windows, 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. 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.

ESTRUCTURA DEL ARTÍCULO

La estructura de los trabajos responderá al siguiente ordenamiento:

- « **Carátula: TÍTULO**, en castellano e inglés; **AUTORES**: Nombre y apellido completo, centrado y en 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, debe ser conciso indicando con claridad su contenido, en letra mayúscula, negrita y centrado.
- « **Resumen**: Es una síntesis del texto de hasta 200 palabras presentando los aspectos más relevantes del trabajo: problema estudiado, importancia, objetivos, materiales y métodos, resultados y conclusiones. No citar literatura, citas, llamados a cuadros y figuras. Estará escrito en español (**Resumen**) y en inglés (**Summary**).
- « **Palabras Clave**: Son palabras que indican al lector los temas a los que hace referencia el artículo, Su número debe ser de cuatro a seis, y no deben estar contenidas en el título. Van después del resumen.
- « **Key Words**: Son las mismas palabras enlistadas en el apartado anterior, pero en inglés. Se sitúan inmediatamente después del Summary.
- « **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 del autor y el año entre paréntesis, ya que luego aparecerá en la bibliografía. En caso de un autor el Apellido 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.*” (Lopez *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 (Reppetí, 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 y Discusión**: 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. Se explicarán los resultados obtenidos y se confrontarán con los de otros trabajos así como con los conocimientos científicos existentes. 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 complejas que no superen un ancho de 7,5cm. Las tablas solo 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:** En esta parte se incluirán los agradecimientos a personas, instituciones, fondos y becas de investigación, etc.
- « **Bibliografía Citada:** 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. Estudio de goma obtenida de espina de corona (*Gleditsia amorphoides*). Buenos Aires. Ministerio de Agricultura y Ganadería. Administración Nacional de Bosques. 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.

CÓMO ENVIAR MATERIAL A LA REVISTA YVYRARETA

- « Lugar de envío, requerimientos y forma de evaluación: **Los manuscritos serán enviados a: Comité Editorial, Revista Forestal Yvyrareta, vía formulario online o en su defecto por e-mail: revistayvyrareta@gmail.com**
- « Todas las contribuciones serán evaluadas por pares anónimos nombrados por el Comité Editorial, quienes determinarán la calidad científica del material, la originalidad, la validez, la importancia del trabajo y la adaptación a las normas de publicación de la Revista YVYRARETA. Dicho Comité comunicará su aceptación provisional o su no aceptación para publicación, así como las posibles modificaciones sugeridas en un plazo máximo de dos meses a partir de su recepción. La redacción se reserva el derecho de suprimir ilustraciones y alterar el texto sin que ello modifique el contenido.
- « **El autor de correspondencia con el Comité Editor, al enviar el artículo para su evaluación (si fueran varios autores), acepta que:**

1. **Los datos contenidos son exactos y las afirmaciones realizadas son fruto de la cuidadosa tarea de investigación de los autores;**
2. **Todos los autores han participado en el trabajo en forma sustancial y asumen la responsabilidad por el mismo;**
3. **El trabajo que se envía no ha sido publicado totalmente ni en parte ni tampoco ha sido enviado a otras revistas para su publicación. Se exceptúan de esta norma los trabajos originados en tesis de posgrado.**
4. **Los conceptos de los trabajos son de total responsabilidad de los autores. Ni la Facultad de Ciencias Forestales-UNaM, ni la Revista Forestal YVYRARETA se responsabilizan por tales conceptos emitidos.** Una vez aceptados para publicación, los artículos admitidos son de propiedad de la Revista y su reproducción deberá ser convenientemente autorizada por escrito por el editor.
5. **Derechos de autor:** al enviar el artículo para su publicación, cuando aceptan las normas de publicación manifiestan la originalidad del artículo y transfieren los derechos de autor.
6. **La aceptación del artículo, comunicación y/o ficha para su evaluación no implica que el mismo será publicado.** Deberá ser evaluado y aprobado por los pares evaluadores para ser aceptado para su publicación.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE MISIONES



Facultad de
Ciencias Forestales

SECRETARÍA DE CIENCIA,
TÉCNICA Y POSTGRADO

www.yvyrareta.com.ar