

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

# Yvyrareta

*Revista Forestal País de Árboles*



Facultad de  
Ciencias Forestales



Universidad Nacional de Misiones

24

NOVIEMBRE 2017 | Edición Especial  
XVII Jornadas Técnicas  
Forestales y Ambientales  
[www.yvyrareta.com.ar](http://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

M.Sc. Prof. Julieta KORNEL

### Sec. de Ciencia, Técnica y Postgrado

M.Sc. Ing. Fernando NIELLA

### Sec. Extensión

Ing. Hector Fabian ROMERO

### Sec. Administrativo

Sr. Carlos PEREYRA

### Sec. Bienestar Estudiantil

Sr. Joel KRANSPENHAR

### Secretaria Técnica

Ing. Susana Mariela TERESCZUCH

## EDITORIAL

En esta edición especial de la Revista YVYRARETA Nro. 24, el comité editorial ha decidido abocarse a la selección y publicación de los trabajos voluntarios enviados originalmente a las XVII Jornadas Técnicas Forestales y Ambientales. Las Jornadas se realizan en forma ininterrumpida desde los años 90's y acompañan en la organización de las mismas desde sus inicios a nuestra institución, el INTA Regional Misiones.

Por primera vez en esta edición, se ha incorporado como entidad organizadora al Colegio de Ingenieros Forestales de la Provincia de Misiones, imprimiendo sin duda, un dinamismo e impronta propia de la carrera de Ingeniería Forestal. La temática de las Conferencias y trabajos voluntarios presentados en esta oportunidad, han abarcado temas académico científicos, como la Adaptación de los Árboles al Cambio Climático, Genómica Forestal, Efecto Invernadero en bosques naturales y plantaciones forestales, Nanotecnología en la Industria de la Madera, Conservación de Especies Endémicas, Silvicultura de bosques nativos e implantados, Investigación Operativa y Tecnología de la Madera, entre otros.

La interacción entre técnicos, extensionistas, productores y alumnos de carreras vinculadas a la actividad forestal y ambiental, fruto tanto de las disertaciones como de los trabajos técnicos presentados en forma oral o de poster, aportan a una visión integradora y delimitan posibles estrategias para afrontar un escenario complejo en el manejo de los recursos naturales. En este sentido, esperamos que el presente número de la Revista, reflejen esa inquietud plasmada en forma muy clara en el evento.

La Facultad de Ciencias Forestales sigue apostando a la actividad foresto-industrial como una alternativa de desarrollo sostenible para la región.

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 TERESCZCUCH

**Revisión de texto en inglés:**

Prof. Silvia Graciela MARTINEZ

**EVALUADORES DE ESTE NÚMERO**

Dr. Diego Broz (FCF UNaM-CONICET)

M.Sc. Gabriel Keil (FCAyF- UNLP)

M.Sc. Aldo Keller (EEA INTA Montecarlo)

M.Sc. Alejandro Friedl (FCF-UNaM)

Ing. Ftal. Juan Goya (FCAyF-UNLP)

M.Sc. Norma Vera (FCF-UNaM)

M.Sc. Darvin Cáseres (FRN-UNaF)

M.Sc. Paola González (EEA INTA Montecarlo – FCF -UNaM)

Dra. Patricia Boeri (UNNR)

Dr. Rodolfo Dondo (CONICET-UNL)

M.Sc. Beatriz Eibl (FCF-UNaM)

Dra. Silvana Caldato (Consultora Grupo Ecos)

M.Sc. Suirez Teresa (FCF-UNaM)

M.Sc. Obdulio Pereyra (FCF-UNaM)

M.Sc. Norberto Pahr (EEA INTA Montecarlo-FCF-UNaM)

Dr. Raul Pezutti (Forestal Bosque del Plata S.A.)

Dra. Victoria García (FCEQyN – UNaM- CIC – CONICET)

Dr. Zurita Gustavo (CONICET-FCF-UNaM)

Dr. Juan Cellini (UNLP UNCa)

Dr. Carlos Sanquetta (UFPR Brasil)

M.Sc. Santiago Lacorte (FCF-UNaM)

Ing. Nahuel Pachas (EEA INTA Montecarlo)

Ing. Damian Loran (FCF-UNaM)

Ing. Claudio Dummel (FCF-UNaM)

M.Sc. Rocha Patricia (FCF-UNaM)

Dra. Sara Barth (EEA INTA Montecarlo – FCF-UNaM)

Ing. Silvina Berger (Prof. Independiente)

Dra. Corina Graciano (CONICET-UNLP)

M.Sc. Lidia Giuffre (FAUBA)

Dr. Carlos Kunst (EEA Santiago del Estero INTA)

Tapa y Contratapa: Caña fístula (*Peltophorum dubium*) en Parque Provincial Urugua-í sobre RP 19.

Foto: Ing. Forestal Orona Martin. Coordenadas GPS (Latitud 25°54'19.721"S, Longitud 54°13'30.387"O).

Diseño: Becaria: Stra. Vanesa Mangeon/ Sr. Ernesto Nürnberg

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

EVALUACIÓN DE ATRIBUTOS FORESTALES DE *Prosopis alba* (ALGARROBO BLANCO) FRENTE A DIFERENTES CONDICIONES EDÁFICAS EN LA PROVINCIA DEL CHACO, ARGENTINA.....7  
EVALUATION OF FORESTRY ATTRIBUTES OF *Prosopis alba* (ALGARROBO BLANCO) FACING DIFFERENT SOIL CONDITIONS IN THE PROVINCE OF CHACO, ARGENTINA

Astor Emilio López; Sebastián Miguel Kees; Juan José Zurita; Elias Brest; María Roldán

CARACTERÍSTICAS EDÁFICAS Y SU RELACIÓN CON LA ALTURA DOMINANTE EN PLANTACIONES DE *Prosopis alba* EN LA PROVINCIA DEL CHACO.....13  
SOIL CHARACTERISTICS AND THEIR RELATIONSHIP WITH DOMINANT HEIGHT OF *Prosopis alba* PLANTATIONS IN THE CHACO PROVINCE

Sebastián Miguel Kees; Astor Emilio López; J Rojas.; María Roldan; Juan José Zurita; Elías Francisco Brest

VERIFICACIÓN DE LA PRECISIÓN DE CUATRO MODELOS DE NAVEGADORES SATELITALES, EN POSICIONAMIENTO ABSOLUTO.....20  
VERIFICATION OF THE ACCURACY OF FOUR MODELS OF SATELLITAL NAVIGATORS, IN ABSOLUTE POSITIONING.

Martín Orlando Orona; Narda Yani Andrade; Luis Alberto Grance; Elizabeth Weber; Julio Roberto Fabián Grance

ESTUDIO DE REINGENIERÍA DE UNA LÍNEA DE RECUPERACIÓN DE MEOLLOS MEDIANTE TORNO SIN MORDAZAS EN LA INDUSTRIA DE COMPENSADOS.....28  
REENGINEERING STUDY OF A RECOVERING CORE LINE USING A SPINDLELESS LATHE IN PLYWOOD INDUSTRY.

Diego Seewald; Juan Peluso ; Marcelo Marek; José Luis Nucera; Diego Baeza

EFFECTO GENOTIPO Y MANEJO DE LA PLANTA MADRE EN LA CAPACIDAD DE ENRAIZAMIENTO PARA PROPAGACIÓN DE *Cedrela fissilis* (CEDRO MISIONERO).....36  
GENOTYPE AND STOCK PLANT MANAGEMENT EFFECT ON ROOTING PROPAGATION OF *Cedrela fissilis* (CEDRO MISIONERO) EFFECT

Carolina Ramírez; Sandra Patricia Rocha

ÁRBOLES: UN SERVICIO DE LIMPIEZA EN LAS CIUDADES.....45  
TREES: CLEANING SERVICE IN CITIES

Luis Alberto Caro; Ignacio Javier Fanna; Edith Cristina Pitsch; Sergio Daniel Vega; Marcelo Tomas Pereyra; Luis Francisco Hernández

CULTIVO IN VITRO DE EMBRIONES CIGÓTICOS: UNA ESTRATEGIA DE CONSERVACIÓN PARA *Austrochthamalia teyucuaensis* H.A. Keller.....51  
IN VITRO CULTURE OF ZYGOTIC EMBRYOS: A CONSERVATION STRATEGY FOR *Austrochthamalia teyucuaensis* H.A. Keller

Evelyn Duarte; Sandra Patricia Rocha; Fernando Niella

COMPORTAMIENTO DE *Tipuana tipu* (TIPA BLANCA) EN ENRIQUECIMIENTO DE BOSQUE DEGRADADO EN EL SURESTE DE FORMOSA, ARGENTINA.....57  
BEHAVIOR *Tipuana tipu* (TIPA BLANCA) IN A DEGRADED FOREST ENRICHMENT IN THE SOUTHEAST OF FORMOSA, ARGENTINA

César Enrique Sirka; Miguel Ángel Oviedo

LA INVESTIGACIÓN OPERATIVA, LA INGENIERÍA FORESTAL Y LOS PROBLEMAS SECTORIALES: ANTE LA NECESIDAD DE UN CAMBIO DE PARADIGMA.....64  
OPERATIONAL RESEARCH, FORESTRY ENGINEERING AND SECTORAL PROBLEMS: CONSIDERING THE NEED FOR A CHANGE OF PARADIGM

Diego Broz; Patricio Mac Donagh; Julio Arce; P.Yapura; Daniel Rossit; Diego Rossit; Antonella Cavallín

DESARROLLO DE UN SISTEMA DE GESTIÓN SRT DE TIEMPOS IMPRODUCTIVOS PARA UNA INDUSTRIA MADERERA DEDICADA A LA PRODUCCIÓN DE MOLDURAS FINGER JOINT .....73  
DEVELOPMENT OF A SRT DOWNTIME MANAGEMENT SYSTEM IN REAL TIME FOR A MOULDING MANUFACTURING PLANT.

Facundo Weber ; Enzo Preukschat ; Marcelo Marek ; Orlando Arenhardt; José Luis Nucera

CURVAS DE ÍNDICE DE SITIO PARA *Prosopis alba* EN LA PROVINCIA DEL CHACO.....84  
SITE INDEX CURVES FOR *Prosopis alba* IN THE PROVINCE OF CHACO

Sebastián Kees; Julio Michela; Juan Skoko; Carlos Gomez; Ernesto Crechi; Federico Letourneau

AVALIAÇÃO DO BANCO DE SEMENTES DO SOLO EM ÁREAS COM DIFERENTES IDADES DE REGENERAÇÃO APÓS A EXTRAÇÃO DE *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden.....91  
EVALUATION OF SOIL SEED BANK ON AREAS WITH DIFFERENT AGES OF REGENERATION AFTER LOGGING *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden

Samara Welter Duarte; Daiane Luchetta Ronchi; Lauri Amândio Schorn

IDENTIFICACIÓN DE HORMIGAS CORTADORAS DE HOJAS DE LA PROVINCIA DE MISIONES POR HERRAMIENTAS MORFOLÓGICAS Y MOLECULARES.....98  
IDENTIFICATION OF LEAF-CUTTING ANTS FROM THE PROVINCE OF MISIONES BY MORPHOLOGICAL AND MOLECULAR TOOLS

Gustavo Ángel Bich; María Lorena Castrillo ; Fernando Kramer; Laura Lidia Villalba ; Pedro Darío Zapata

MULTIPLICACIÓN VEGETATIVA DE LOURO NEGRO (*Cordia trichotoma* VELL.) POR ESTACAS.....103  
VEGETATIVE PROPAGATION OF LOURO NEGRO (*Cordia trichotoma* VELL.) BY CUTTINGS

Dayana Suelen Seidel; Américo Wagner Junior; Simone Neumann Wendt ; Cristian Medrado Canonico; Ana Carolina Ricardi; Ludian Carlos Vitorelo; Charles Costa Coelho; Dionatan Gerber

ACUMULACIÓN DE CARBONO Y SU DINÁMICA EN FORESTACIONES, SISTEMAS SILVOPASTORILES Y PASTIZALES EN EL NE DE LA PROVINCIA DE CORRIENTES, ARGENTINA.....108  
CARBON ACCUMULATION AND ITS DYNAMICS IN AFFORESTATION, SILVOPASTORAL SYSTEMS AND GRASSLANDS IN THE N.E. OF CORRIENTES, ARGENTINA

Maria Belen Rossner; German Kimmich; Roxana Paola Ecclesia

VALIDACIÓN DE UN MÉTODO ACÚSTICO NO DESTRUCTIVO PARA LA DETERMINACIÓN DE LA RIGIDEZ DE TABLAS ASERRADAS DE PINO RESINOSO (*Pinus elliotti* y *Pinus taeda*) CULTIVADO EN EL NORDESTE DE ARGENTINA.....114  
NON-DESTRUCTIVE ACOUSTIC METHOD VALIDATION FOR THE STIFFNESS DETERMINATION OF SAWN BOARDS OF RESINOUS PINE (*Pinus elliottii* and *Pinus taeda*) GROWN IN THE NORTHEAST OF ARGENTINA

Pamela Yohana Fank; Ciro Andrés Mastrandrea

## COMUNICACIÓN

BOSQUE SECUNDARIO DE LA RESERVA DE GUARANÍ, MISIONES: DINAMICA DEL ESTRATO ARBÓREO Y LA REGENERACIÓN NATURAL EN EL PERIODO 2003-2015.....122  
THE SECONDARY FOREST OF THE RESERVE OF GUARANI, MISIONES: EVOLUTION OF THE ARBOREAL STRATUM AND NATURAL REGENERATION IN THE PERIOD 2003-2015

Norma Vera; Lidia López Cristóbal; Lidia Reyes; Alan Mallorquín

# EVALUACIÓN DE ATRIBUTOS FORESTALES DE *Prosopis alba* (ALGARROBO BLANCO) FRENTE A DIFERENTES CONDICIONES EDÁFICAS EN LA PROVINCIA DEL CHACO, ARGENTINA

EVALUATION OF FORESTRY ATTRIBUTES OF *Prosopis alba* (ALGARROBO BLANCO) FACING DIFFERENT SOIL CONDITIONS IN THE PROVINCE OF CHACO, ARGENTINA

Fecha de recepción: 29/09/2016 // Fecha de aceptación: 02/05/2017

## Astor Emilio López

Grupo Inventario y  
Evaluación de Suelos—  
EEA Sáenz Peña INTA.  
Ruta 95 km 1108;  
Presidencia Roque  
Sáenz Peña, Chaco.  
Argentina.  
lopez.astor@inta.gob.ar

## Sebastián Miguel Kees

Campo Anexo Estación  
Forestal Plaza. EEA  
Sáenz Peña INTA

## Juan José Zurita

### Elias Brest

### María Roldán

Grupo Inventario y  
Evaluación de Suelos—  
EEA Sáenz Peña INTA.  
Ruta 95 km 1108;  
Presidencia Roque  
Sáenz Peña, Chaco.  
Argentina.

## RESUMEN

El objetivo del trabajo fue evaluar el desarrollo tomando como factor principal la altura dominante de forestaciones de *Prosopis alba* (algarrobo blanco) en diferentes condiciones de suelos de la provincia del Chaco, analizando variaciones en la altura dominante frente a variaciones de los suelos. Se trabajó sobre una muestra de 29 parcelas en plantaciones entre 15 y 19 años de edad. Los parámetros medidos en suelo fueron: profundidad efectiva de las raíces, drenaje y relieve. Se determinó la secuencia de horizontes para cada perfil de suelo y se evaluó en ellos espesor, textura, conductividad eléctrica y pH. En los árboles muestreados se determinó la altura dominante. El análisis estadístico mostró diferencias significativas de la altura dominante, con respecto a la profundidad efectiva de raíces y la clase de drenaje. Los individuos dominantes presentaron mejores condiciones de crecimiento en suelos bien drenados y con más de 50 cm de profundidad efectiva.

## SUMMARY

The objective of this work was to evaluate the white algarrobo (*Prosopis alba*) development in forestations under different soil conditions in the Chaco Province by means of analyzing dominant height variation related to soil variations. The work was carried out by sampling 29 plots in plantations with individuals between 15 and 19 years old. The measured parameters in soil were: roots effective depth, drainage and relief. The horizons sequence for each soil profile was determined and in them thickness, texture, electrical conductivity, hydrogen potential were evaluated. The dominant height was determined in the sampled trees. The statistical analysis showed significant differences for the effective root depth and drainage parameters in relation with the dominant height measured in trees. As the main result, we conclude that the dominant individuals had better growth conditions in soils that presented more than 50 cm of effective root depth and good drainage conditions.

**Palabras clave:** *Prosopis alba*, condiciones del suelo, altura dominante.

**Key words:** *Prosopis alba*, soil's conditions, dominant height.

## INTRODUCCIÓN

*Prosopis alba* (algarrobo blanco) es una especie nativa que produce madera de gran aptitud y es el eje de la fabricación de muebles. La provincia del Chaco posee alrededor de 4000 ha con plantaciones forestales (Gobierno del Chaco, 2013) y la especie con mayor proporción de superficie plantada es el algarrobo blanco.

Según CUADRA (2012), desde 1980 existen aserraderos y carpinterías abocadas y concentradas fundamentalmente en la producción de muebles y artesanías, aberturas y productos varios en las localidades de Presidencia de la Plaza, Machagai y Quitilipi; abasteciendo la demanda, regional y nacional.

Las plantaciones de algarrobo en la región y en la provincia del Chaco se han realizado en diferentes sitios, lo cual, sumado a la gran variabilidad intrínseca de la especie ha generado diferencias en el crecimiento. En la actualidad, existe escasa información acerca de la calidad de sitio para la especie, su potencial de crecimiento y turno de aprovechamiento requerido para obtener madera comercial referida a éstos.

En la caracterización de la productividad de las áreas se pueden considerar factores intrínsecos como la interacción de variables de la masa con la edad y factores extrínsecos como el clima, el suelo y la vegetación (ÁLVAREZ *et al.*, 2004). Según CLUTTER *et al.*, (1983) estimar con certidumbre la productividad potencial de un bosque en términos de volumen maderable por unidad de superficie y por unidad de tiempo es clave en el manejo forestal. En un rodal, la altura dominante es una de las variables menos afectadas por cambios en la densidad y por tratamientos silvícolas; además, está estrechamente relacionada con el volumen total, por lo que es un indicador de la productividad sencillo y fácil de evaluar (ASSMANN, 1970).

Desde el año 2009, el INTA está realizando relevamientos en plantaciones forestales con la finalidad de caracterizar las condiciones de sitio y crecimiento de la especie; debido a la importancia económica y social del cultivo del algarrobo blanco para la provincia y la región. La necesidad de conocer el potencial productivo de los diferentes sitios en los que actualmente se desarrollan y en los que podrían desarrollarse las plantaciones con esta especie, se planteó como objetivo evaluar el desarrollo de forestaciones de algarrobo blanco en diferentes condiciones edáficas, analizando las variaciones de altura dominante (Hdom) frente a variaciones relativas al suelo.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se efectuó en catorce departamentos del centro de la Provincia del Chaco, se trabajó sobre una muestra constituida por 29 parcelas (Figura 1), ubicadas en plantaciones de algarrobo cuya edad oscilaba entre 15 y 19 años. El tamaño aproximado de las parcelas estudiadas fue de 1000 m<sup>2</sup>.

El clima donde está ubicada el área de estudio fue caracterizado como templado húmedo (Figura 2, CIOMTA, 2004) Las temperaturas medias de invierno y verano son de 16°C y 28°C respectivamente y las precipitaciones disminuyen de este a oeste de 1000 a 800 mm.

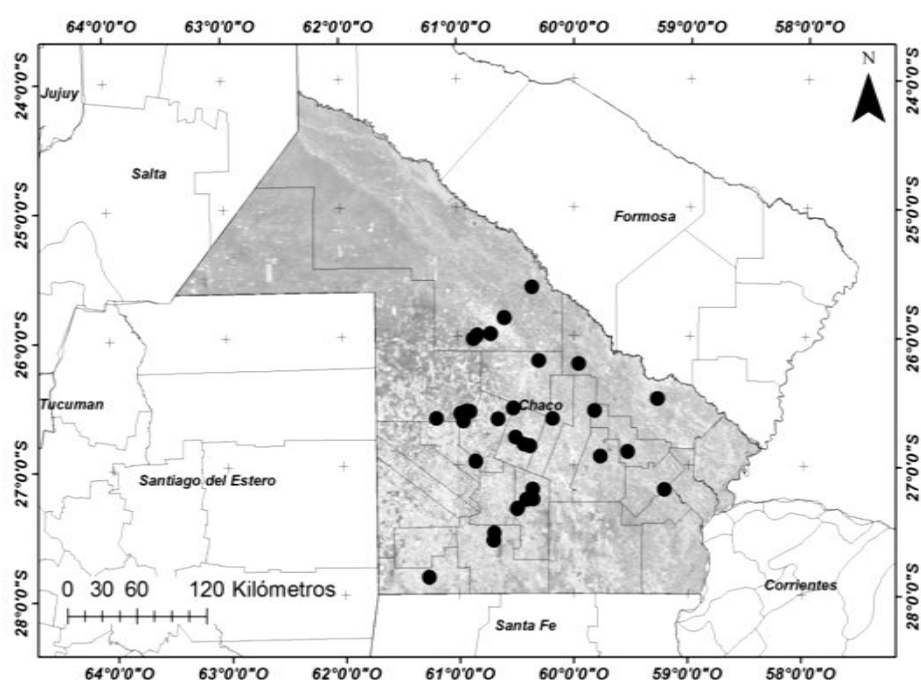
En cada plantación se ubicaron sitios de muestreo seleccionados en base a la cobertura y la topografía presente. Las variables relevadas fueron profundidad efectiva de raíces (Prof. Efectiva), drenaje, relieve y para cada perfil de suelo se determinó su secuencia de horizontes y en cada uno de ellos se evaluó espesor, textura, conductividad eléctrica (CE) y potencial hidrógeno (pH) siguiendo los criterios de clasificación establecidos por ETCHEVEHERE (1976).

La profundidad efectiva, es la profundidad del suelo que con una textura relativamente uniforme no ofrece impedimento al desarrollo de las raíces. Se determinó por observación directa de abundancia de raíces, detección de capas compactadas y/o con presencia de sustancias tóxicas que pudieran impedir el desarrollo de las raíces. Se clasificó a los suelos según la profundidad efectiva como muy somero (0 a 25 cm), somero (25 a 50 cm) y moderadamente profundo (50 a 100 cm).

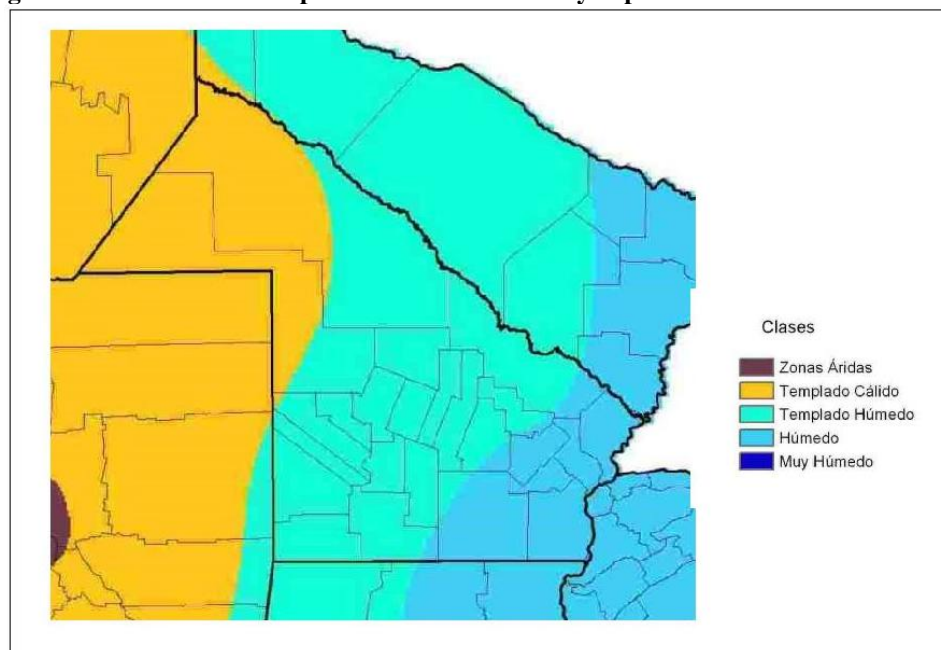
El drenaje del suelo se refiere a la rapidez y facilidad con que se elimina el agua del suelo. Se clasificó en las clases pobre, algo pobre, moderadamente bueno y bueno sobre la base de observar y estimar el grado de permeabilidad y escurrimiento, el peligro de anegamiento y también por consideraciones ambientales tales como la evapotranspiración, el microrelieve, y la pendiente.

El relieve implica altura relativa de un punto y se lo define como las elevaciones y las irregulares de un área considerada en conjunto. Se reconocen cuatro tipos: pronunciado, normal, subnormal, cóncavo y casos intermedios (ETCHEVEHERE, 1976.).





**Figura 1. Ubicación de los departamentos y las parcelas relevadas en la Provincia del Chaco.**  
**Figure 1: Location of the departments and the surveyed plots in the Province of Chaco.**



**Figura 2. Caracterización climática del área de estudio.**  
**Figure 2. Climatic characterization of the studied area.**

Para evaluar el desarrollo de forestaciones de algarrobo blanco se usó la altura dominante de la parcela (Hdom) que se definió como la altura promedio de los 100 ejemplares mas gruesos por hectárea; criterio que además es utilizado ampliamente en la modelación forestal para la predicción de índices de sitio (ASSMANN 1970,

CAÑADAS et al., 1992; TAMARIT-URIAS *et al.*, 2014). Para su obtención se midieron todos los diámetros normales (DAP) y alturas totales de los árboles presentes en la parcela; posteriormente se obtuvo el valor medio de altura total de los 10 árboles más gruesos de cada parcela. Asimismo, se calculó el incremento medio anual de la Hdom

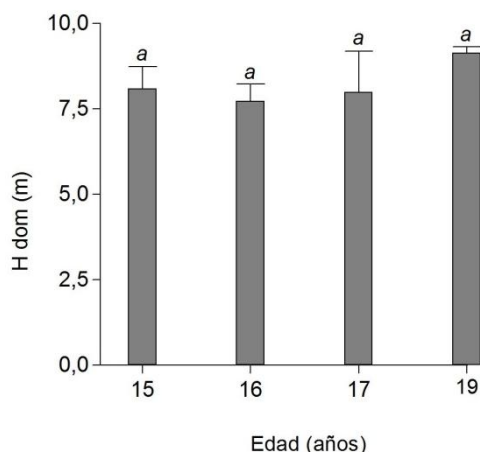
como el cociente entre la altura dominante de cada parcela y la edad correspondiente.

El análisis estadístico de la información se efectuó con el software Infostat (DI RIENZO *et al.*, 2015), consistió en un análisis de varianza para cada una de las variables (para el nivel de significancia del 0,05) y se evaluó la diferencia de medias entre grupos mediante la aplicación de la prueba de Tukey.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La Hdom de los ejemplares evaluados entre 15 y 19 años, varió entre 5,6 y 10,9 m siendo la media de 8,4 m. El incremento medio anual de la Hdom de los ejemplares de menor edad fue de 0,33 m.año<sup>-1</sup> y de los de mayor edad de 0,7 m.año<sup>-1</sup>.

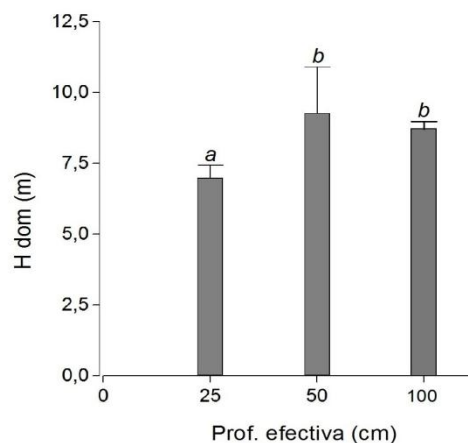
Los valores medios de la Hdom no presentaron diferencias significativas ( $p > 0,05$ ) entre las edades analizadas (Figura 3). Por otro lado, dado que la variación en las precipitaciones no es muy marcada dentro del área evaluada (800 a 1000 mm), es razonable esperar que dichas variaciones de Hdom se deban en gran medida a las variaciones de las condiciones edáficas del área de estudio.



**Figura 3. Plantaciones de Prosopis alba en la provincia del Chaco, Argentina: altura media dominante (Hdom) en metros (m) según la edad (años). Letras minúsculas iguales indican que no hay diferencias significativas ( $p > 0.05$ ) de las Hdom entre las edades de la forestación. Las líneas verticales en cada columna indican error estándar estimado de la media.**

**Figure 3: Prosopis alba plantations in the Province of Chaco, Argentina: dominant mean height, in meters (m) according to age (years). Small equal letters indicate that there are no significant differences ( $p > 0.05$ ) of the dominant mean height among the ages of the plantation. The vertical lines in each column indicate an estimated standard error of the mean.**

La profundidad efectiva de raíces evaluada a 25 cm presentó una Hdom de 7 m, mientras que la de 50 y 100 cm mostraron una Hdom de 9,3 y 8,8 m, respectivamente, siendo las diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0.05$ ) sólo entre la primera y éstas dos últimas (Figura 4).



**Figura 4. Valores medios de la altura dominante (Hdom) en metros (m) según la profundidad efectiva (Prof efectiva) en centímetros (cm). Letras minúsculas iguales indican que no hay diferencias significativas ( $p > 0.05$ ) de la Hdom entre Prof. efectiva. Las líneas verticales en cada columna indican error estándar estimado de la media.**

**Figure 4. Mean values of dominant height in meters (m) according to effective depth in centimeters (cm). Small equal letters indicate that there are no significant differences ( $p > 0.05$ ) of the dominant height among effective depth. The vertical lines in each column indicate an estimated standard error of the mean.**

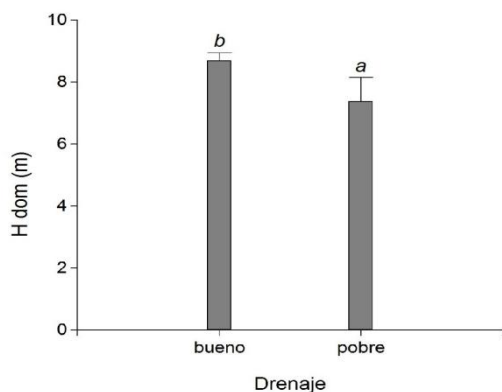
Se puede observar que existe un mejor desarrollo de los árboles en suelos con profundidad efectiva a partir de 50 cm.

En el análisis de esta variable se fusionaron las clases pobre y algo pobre en “pobre” y las clases bueno y moderadamente bueno en “bueno”. La Hdom en la clase de drenaje “pobre” fue de 7,4 m, mientras que en la clase “bueno” fue de 8,7 m, siendo estas diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0.05$ ) (Figura 5).

El desarrollo de los ejemplares dominantes es claramente superior en suelos bien drenados, es decir en aquellos donde el agua se mueve fácilmente, pero no rápidamente.

La Región Chaqueña es una extensa llanura donde las diferencias de altura del terreno están asociadas a distintas dinámicas del movimiento del agua y evolución del perfil del suelo, en este trabajo se agruparon los tipos de relieve Subnormal y Normal/Subnormal en “Subnormal” y como tipo único “Normal”. La Hdom en el relieve “Normal” fue de 8,7 m, mientras que en el tipo de relieve

“Subnormal” fue de 7,5m, siendo estas Hdom estadísticamente iguales ( $p > 0.05$ ). Sin embargo, en concordancia con lo esperado se evidencia una tendencia de mayor Hdom en el relieve “Normal” (Figura 6).

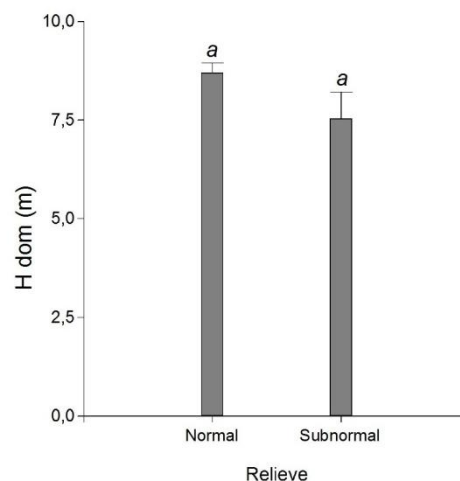


**Figura 5.** Valores medios de la altura dominante (Hdom) en metros (m) según la clase de Drenaje Bueno o Pobre del suelo. Letras minúsculas iguales indican que no hay diferencias significativas ( $p > 0.05$ ) entre la Hdom y la clase de drenaje. Las líneas verticales en cada columna indican error estándar estimado de la media.

Figure 5. Mean values of dominant height in meters (m) according to the type of soil drainage (good or poor). Small equal letters indicate that there are no significant differences ( $p > 0.05$ ) between the dominant height and the type of drainage. The vertical lines in each column indicate an estimated standard error of the mean.

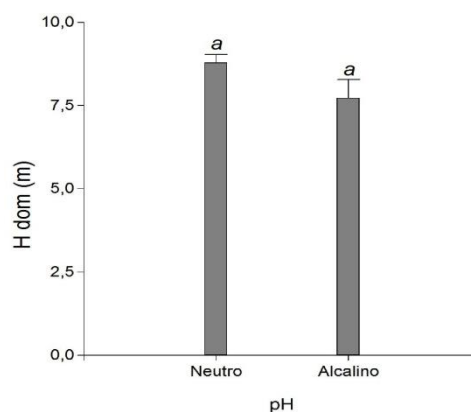
Los valores de pH determinados en las observaciones se agruparon por sus valores en dos categorías Neutro (6.6 a 7.3) y Alcalino (mayor a 7.3). La Hdom en suelos Neutros fue de 7,7 m, mientras que en los suelos Alcalinos fue de 8,8 m siendo estas diferencias no significativas ( $p > 0.05$ ) (Figura 7).

Las observaciones de los sitios en estudio presentaron una conductividad eléctrica que permitió clasificar a la mayoría de los suelos como no salinos, y también definir su textura como media en el horizonte superficial y pesada en el subsuperficial.



**Figura 6.** Valores medios de la altura dominante (Hdom) en metros (m) según el tipo de relieve Normal o Subnormal. Letras minúsculas iguales indican que no hay diferencias significativas ( $p > 0.05$ ) entre la Hdom y el tipo de relieve. Las líneas verticales en cada columna indican error estándar estimado de la media.

Figure 6. Mean values of dominant height in meters (m) according to the type of relief (Normal or subnormal). Small equal letters indicate that there are no significant differences ( $p > 0.05$ ) between the dominant height and the type of relief. The vertical lines in each column indicate an estimated standard error of the mean.



**Figura 7.** Valores medios de la altura dominante (Hdom) en metros (m) según el pH. Letras minúsculas iguales indican que no hay diferencias significativas ( $p > 0.05$ ) entre la Hdom y el pH. Las líneas verticales en cada columna indican error estándar estimado de la media.

Figure 7. Mean values of dominant height in meters (m) according to the type of pH. Small equal letters indicate that there are no significant differences ( $p > 0.05$ ) between the dominant height and the pH. The vertical lines in each column indicate an estimated standard error of the mean.



## CONCLUSIONES

Las forestaciones de *Prosopis alba* (algarrobo blanco) en el centro de la Provincia del Chaco, evidencian un mejor desarrollo de los ejemplares dominantes en aquellos suelos con buen drenaje y con más de 50 cm de profundidad efectiva de raíces.

Las variables relieve y pH no influyeron en el desarrollo de los ejemplares dominantes.

Los resultados obtenidos en este trabajo constituyen una herramienta inicial importante en la selección de suelos destinados a nuevas forestaciones de algarrobo para la producción de madera. Sin embargo, debido a la homogeneidad de los suelos estudiados, respecto a la conductividad eléctrica y el relieve se prevé continuar con la evaluación en plantaciones de algarrobo establecidas en condiciones edáficas contrastantes.

## BIBLIOGRAFÍA

ÁLVAREZ, G. J., Barrio, A. M., Diéguez, A. U., y Rojo, A. A. 2004. Metodología para la construcción de curvas de calidad de estación. Cuadernos de la Sociedad Española de Ciencias Forestales, 18(1), 303–309.

ASSMANN, E. 1970. The Principles of Forest Yield Study. Oxford, UK, Pergamon Press. 506 pp. 24, 26.

CAÑADAS, M., Calama, R., Güemes, C., y Montero, G. 1992. Modelo de calidad de estación para *Pinus pinea* L. en las masas del sistema central (valles del Tiétar y Alberche), mediante aplicación de la metodología propuesta por Goelz y Burk. Actas IV Congreso Forestal Español.

CIOMTA. 2004. Zonas Climáticas Homogéneas. Cartografía. <http://svsconsultora.com.ar/ciomta/zonasClimaticas.html>.

CLUTTER, J. L., J. C. Forston, L. V. Pienaar, G. H. Brister, and R. L. Bailey. 1983. Timber Management: A Quantitative Approach. John Wiley & Sons, Inc. New York. 333 p.

CUADRA, E.D. 2012. La problemática forestal en la provincia del Chaco, Argentina. Un análisis desde la Geografía. Revista Geográfica Digital. IGUNNE. Facultad de Humanidades. UNNE. Año 9. N° 18. ISSN 1668-5180 Resistencia, Chaco.

DI RIENZO J.A., Casanoves F., Balzarini M.G., Gonzalez L., Tablada M., Robledo C.W. InfoStat versión 2015. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL

ETCHEVEHERE, P.H. 1976. Normas de reconocimiento de suelos. Segunda edición actualizada. INTA, Dpto. de Suelos. Public. 152. Castelar, Buenos Aires. 211pp. I.S.B.N: 2900101785661

Gobierno del Chaco. Programa de Fortalecimiento Institucional de la Subsecretaría de Planificación Territorial de la Inversión Pública. 2013. Plan de Desarrollo territorial de la Provincia del Chaco. Informe Final (Tomo 2). 132 pp.

TAMARIT-URIAS, J.C.; De los Santos-Posadas, H.M.; Aldrete, A.; Valdez-Lazalde, J.R.; Ramírez-Maldonado, H. y De la Cruz, V.G. 2014. Ecuaciones dinámicas de índice de sitio para *Tectona grandis* en Campeche, México. Revista Agrociencia 48: 225-238.

# CARACTERÍSTICAS EDÁFICAS Y SU RELACIÓN CON LA ALTURA DOMINANTE EN PLANTACIONES DE *Prosopis alba* EN LA PROVINCIA DEL CHACO

## SOIL CHARACTERISTICS AND THEIR RELATIONSHIP WITH DOMINANT HEIGHT OF *Prosopis alba* PLANTATIONS IN THE CHACO PROVINCE

Fecha de recepción: 26/09/2016 // Fecha de aceptación: 02/05/2017

**Sebastián Miguel Kees**

Campo Anexo Estación Forestal Plaza. EEA Sáenz Peña INTA. Lote IV Colonia Santa Elena; Presidencia de la Plaza, Chaco. kees.sebastian@inta.gob.ar

**Astor Emilio López;  
Julieta Rojas; María Roldan;  
Juan José Zurita; Elías  
Francisco Brest**

Departamento de Suelos– Área Recursos Naturales EEA Sáenz Peña INTA

### RESUMEN

La provincia del Chaco posee cerca de 4000 has con plantaciones forestales y la especie elegida oportunamente para este propósito es *Prosopis alba* Griseb. (algarrobo blanco).

Este estudio tuvo como objetivo analizar la relación entre la altura dominante (Hdom) de las plantaciones de entre 15 y 19 años de edad, y las características del suelo donde se implantan, usando métodos multivariados basados en la caracterización del suelo.

Se trabajó sobre una muestra de 35 parcelas de 1000 m<sup>2</sup>, ubicadas en 18 plantaciones destinadas a la producción de madera para la industria.

La Hdom fue mayor en suelos con textura ligera, y menor en suelos con mal drenaje, poco profundo y con relieve sub normal. Estos resultados se pueden utilizar para lograr una mayor precisión en la elección de los sitios con buena calidad del suelo para *Prosopis alba*.

**Palabras clave:** calidad de sitio, productividad, análisis multivariado.

### SUMMARY

Chaco province has about 4,000 ha of forest plantations and the species chosen for this purpose is *Prosopis alba* Griseb. (algarrobo blanco).

This study aimed to analyze the relationship between the dominant height (Hdom) of the plantations between 15 and 19 years old, and the soil characteristics where they were implanted, using multivariate methods based on soil characterization.

We worked on a sample of 35 plots of 1000 m<sup>2</sup>, located in 18 plantations destined to the production of wood for the industry.

The Hdom was greater in soils with light texture, and lower in soils with poor drainage, shallow and with sub normal relief. These results can be used to achieve a greater accuracy in choosing sites with good soil quality for *Prosopis alba*.

**Key words:** soil properties, productivity, multivariate analysis.

## INTRODUCCIÓN

La provincia del Chaco posee alrededor de 4 mil ha con plantaciones forestales (Gobierno del Chaco, 2013) y la especie con mayor proporción de superficie plantada es el algarrobo blanco (*Prosopis alba* Griseb.).

Debido a la importancia económica y social del cultivo de esta especie, para la provincia y la región (CUADRA, 2012), es necesario conocer el potencial productivo de los diferentes sitios en los que actualmente se desarrollan y de aquellos donde podrían desarrollarse las plantaciones a fines de una mejor planificación, ya que el uso actual de los suelos se caracteriza por la subutilización de la capacidad productiva de las tierras de ganadería (sistemas extensivos predominantemente) y sobreutilización de áreas agrícolas por la escasa aplicación de prácticas de manejo de suelo, agua y vegetación, en gran parte también por el uso de tecnologías desarrolladas en otras regiones con características climáticas y edáficas muy diferentes. El conocimiento de los suelos de la provincia permite cotejar la aptitud de los suelos con el destino o el uso productivo actual (LEDESMA y ZURITA, 1995; CODUTTI, 2003).

El algarrobo blanco constituye el eje de la fabricación del mueble; según CUADRA (2012), en la provincia del Chaco, desde 1980 existen aserraderos y carpinterías abocadas y concentradas fundamentalmente en la producción de muebles y artesanías, aberturas y productos varios en las localidades de Presidencia de la Plaza, Machagai y Quitilipi; las que abastecen la demanda, no sólo regional, sino nacional.

Las plantaciones de algarrobo en la región y en toda la provincia se han realizado en sitios muy diversos, lo cual, sumado a la gran variabilidad intrínseca de la especie genera diferencias en el crecimiento. Actualmente se está avanzando tanto en el conocimiento acerca de las condiciones de sitio más adecuadas para el cultivo de la especie, como en el potencial de crecimiento y el turno de aprovechamiento requerido para obtener madera comercial, entre otros factores.

La calidad del sitio se define como la capacidad de un área determinada para el crecimiento de árboles. Es la respuesta, en el desarrollo de una determinada especie arbórea, a la totalidad de las condiciones ambientales (edáficas, climáticas y bióticas) existentes en un determinado lugar (KIMMINS, 2004). Su conocimiento resulta fundamental en la ingeniería forestal para elegir los mejores sitios para plantar la especie apropiada en el lugar adecuado y para cambiar las características del mismo por medio de prácticas silvícolas si fuera necesario.

Algunos autores consideran que el mejor indicador de la calidad de sitio, al tener mayor independencia del tratamiento en términos generales es la altura de la masa, y particularmente la altura dominante (Hdom). Eso quiere decir conceptualmente

que las masas de mayor rendimiento tendrían una mayor altura dominante y además tendrían que estar asociadas a los suelos con un potencial que respalde ese crecimiento. Estas relaciones se pueden pensar como el simple postulado de que las “masas más productivas” estarían creciendo en “suelos más productivos” (KIMMINS, 2004). Por otro lado, se considera que dada la multiplicidad de variables que se han definido como clases indicadoras de calidad del sitio, se hace imprescindible el uso de metodologías que permitan identificar las que tengan mayor incidencia (GONZÁLEZ-MOLINA, 2005). Entre estas metodologías se encuentran los métodos de estadística multivariada, los cuales tienen en cuenta las correlaciones entre numerosas variables que son analizadas simultáneamente, de tal modo que permiten sintetizar e interpretar la información. Por tanto, las técnicas estadísticas multivariadas se han usado para analizar agrupamientos de suelos de una población estudiada por medio de sus variables, y permiten también la interpretación de las potenciales causas de las diferencias observadas. Tal es el caso del análisis de componentes principales (ACP), que ha hecho posible la resolución de numerosos problemas como por ejemplo la determinación de propiedades discriminantes de manejo en suelos semiáridos (QUIROGA *et al.* 1998), la evaluación de los impactos de las labranzas sobre la calidad del suelo (WANDER y BOLLERO 1999), la relación de la compactabilidad del suelo con las propiedades físicas y orgánicas (BALL *et al.*, 2000) o estudios de calidad de estación para *Populus sp* en el Bajo Delta Bonaerense del Río Paraná (CASAUBON *et al.*, 2001). Los métodos multivariados se utilizan con el objetivo de analizar el conjunto de datos de manera global, en este caso las características del suelo descriptas para cada sitio, y el comportamiento de estas variables en forma simultánea, es decir, lo que se quiere conocer es si una variable influye en la otra y cómo se agrupan. Respecto a la utilización de estos métodos en calidad de sitio se pueden citar los trabajos de CAGUASANGO (2012) que estableció un modelo de la calidad de índice de sitio –suelo o sitio específico mediante criterios de disponibilidad de nutrientes en plantaciones de *Gmelina arborea* y *Pachira quinata* y de GONZALES IZQUIERDO *et al.*, (2013) quienes evaluaron las clases de calidad de sitio de *Pinus caribaea var. caribaea* para correlacionarlas con las propiedades de los suelos que las definen. El análisis multivariado permite resumir la información de manera visual, detectando dimensiones principales de variabilidad y focalizando en las relaciones lineales entre variables (HUSSON *et al.*, 2011). Ha resultado útil en la selección de indicadores de calidad de suelos en diferentes ambientes y suelos de la región chaqueña (ROJAS *et al.*, 2016; TOLEDO *et al.*, 2013; ACOSTA *et al.*, 2005) y por lo tanto podría ser útil también para definir un sitio por su calidad para el crecimiento de determinada especie a través de la relación entre parámetros relativos a la productividad de las plantaciones y las variables edáficas.



Desde el año 2009, el INTA, está realizando relevamientos en plantaciones forestales con la finalidad de caracterizar las condiciones de sitio y crecimiento debido a la necesidad de conocer el potencial productivo de los diferentes sitios en los que actualmente se desarrollan y podrían desarrollarse las plantaciones de algarrobo blanco.

El presente trabajo tuvo por objetivo analizar la relación entre la altura dominante (Hdom) de plantaciones con algarrobo blanco y las características del suelo donde se implantaron, utilizando métodos multivariados basados en la caracterización de los suelos.

## MATERIALES Y MÉTODOS

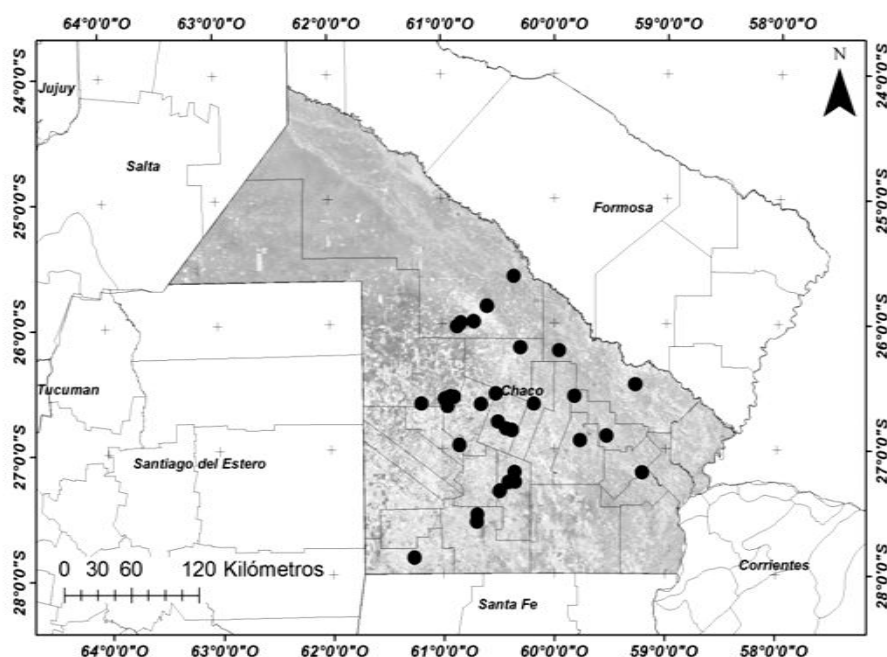
El área de estudio abarca diferentes departamentos de la porción centro - norte de la provincia del Chaco (Figura 1).

El clima donde está ubicada el área de estudio fue caracterizado como templado húmedo (Figura 2) (CIOMTA, 2004) Las temperaturas medias de invierno y verano son de 16°C y 28°C respectivamente y las precipitaciones disminuyen de este a oeste de 1000 a 800 mm.

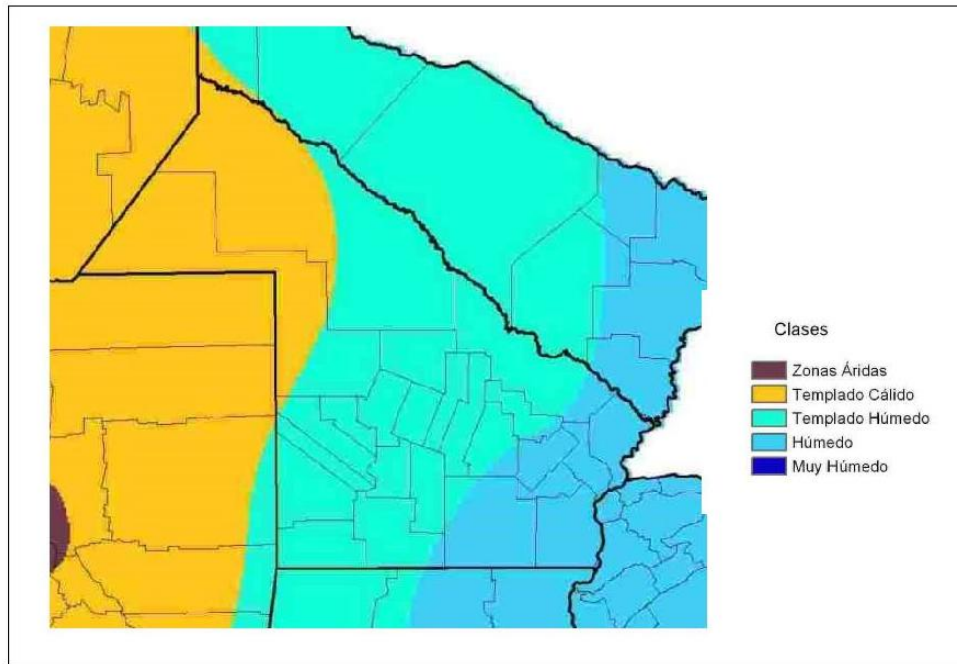
Los sitios de muestreo se instalaron en ambientes contrastantes desde los bajos submeridionales hasta la región denominada Impenetrable y hacia el E de la provincia también, con lo cual se cubrió un amplio abanico de tipos de suelo.

Se trabajó sobre una muestra de 35 parcelas de 1000 m<sup>2</sup>, ubicadas en 18 plantaciones de entre 15 y 19 años de edad, destinadas a la producción de madera para la industria (Tabla 1).

En cada plantación se identificaron áreas de muestreo en base a la cobertura y topografía presente, allí se instalaron las parcelas y se relevaron diferentes características del suelo, pH, drenaje, relieve, posición en el paisaje, profundidad efectiva y textura. Se determinó también la salinidad pero se la descartó del análisis por predominar los suelos no salinos, siguiendo los criterios de clasificación establecidos por ETCHEVEHERE, (1976).



**Figura 1. Ubicación de las parcelas en la Provincia del Chaco.**  
**Figure 1. Location of the plots in the Chaco Province.**



**Figura 2. Caracterización climática donde está ubicada el área de estudio.**  
**Figure 2. Climatic characterization where the study area is located**

**Tabla 1. Cantidad de parcelas estudiadas según edad.**  
**Table 1. Number of studied plots according to age**

Edad (años)	15	16	17	19	Total
Parcelas	8	8	7	12	35

En cada parcela de 1000 m<sup>2</sup> donde se midió el diámetro el diámetro normal (Dn) en centímetros con cinta dendrométrica y la altura total (Ht) en metros con clinómetro de Suunto a todos los árboles presentes, a partir de estos datos se seleccionó una muestra de 10 árboles dominantes, cuyo valor medio es el que corresponde a la altura dominante de la parcela (Hdom); el criterio de selección para esa muestra fue el propuesto por ASSMANN (1970), equivalente a la selección de los 100 ejemplares más gruesos por hectárea que deberían quedar para cosechar al fin de turno. Según THREN (1993), estos ejemplares representan el mayor valor del vuelo futuro, su desarrollo no es influenciado por raleos por lo bajo ni tampoco por el espaciamiento o densidad de plantación, ya que son los que sobreviven hasta el final del turno.

Los datos registrados fueron procesados con planilla de cálculo y analizados con el programa R 3.0.1 (R CORE TEAM, 2013) a través del paquete FactoMineR (HUSSON *et al.*, 2011), por medio de un análisis de correspondencias múltiples (ACM).

El ACM es la aplicación del análisis de correspondencia a tablas con individuos clasificados por variables categóricas, que busca reducir el número de variables por medio de variables sintéticas obtenidas a partir del enfoque de componentes principales (CP).

Para dicho análisis se tomaron las parcelas de muestreo como individuos y los atributos del suelo se dividieron en las categorías definidas en base a los criterios de clasificación establecidos por ETCHEVEHERE, (1976): pH ácido, alcalino o neutro; drenaje bueno, pobre o excesivo; relieve normal o subnormal; posición en el paisaje loma o media loma; la profundidad efectiva se dividió en suelo profundo, medio o somero; textura superficial media o liviana y textura subsuperficial media o pesada.

Estas categorías se tomaron como variables activas y la Hdom se tomó como variable cuantitativa suplementaria para la cual se analizó el coeficiente de correlación con los componentes principales del ACM. Las variables o elementos activos contribuyen a la construcción de las principales dimensiones de variabilidad en el espacio, mientras que las variables suplementarias son ilustrativas y no son utilizadas para calcular distancias entre individuos.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla 2 se presentan los estadísticos descriptivos para la Hdom.

**Tabla 2. Estadísticos descriptivos de la altura dominante según edad.**
**Table 2. Descriptive statistics of the dominant height according to age.**

Media	Desvío estándar	Rango Inter cuartil	CV	n	0%	25%	50%	75%	100%
8.4	1.36	1.3	0.16	35	5.5	7.7	8.5	9.1	10.8

El coeficiente de variación de la Hdom en base a la edad fue bajo, lo que la convierte en una variable consistente para la muestra estudiada. Esto permite asumir que las variaciones presentes en se pueden asociar a otras variables distintas a la edad. Se puede observar además que el 50% de la muestra tiene una altura dominante menor que varía entre los 5,5 y los 8,5 metros mientras que el 50% restante alcanza valores de hasta 10,8 metros. En la Tabla 3, se presenta resultados de variación explicada.

**Tabla 3. Porcentaje de la variación explicada por cada dimensión.**
**Table 3. Percentage of the explained variation for each dimension.**

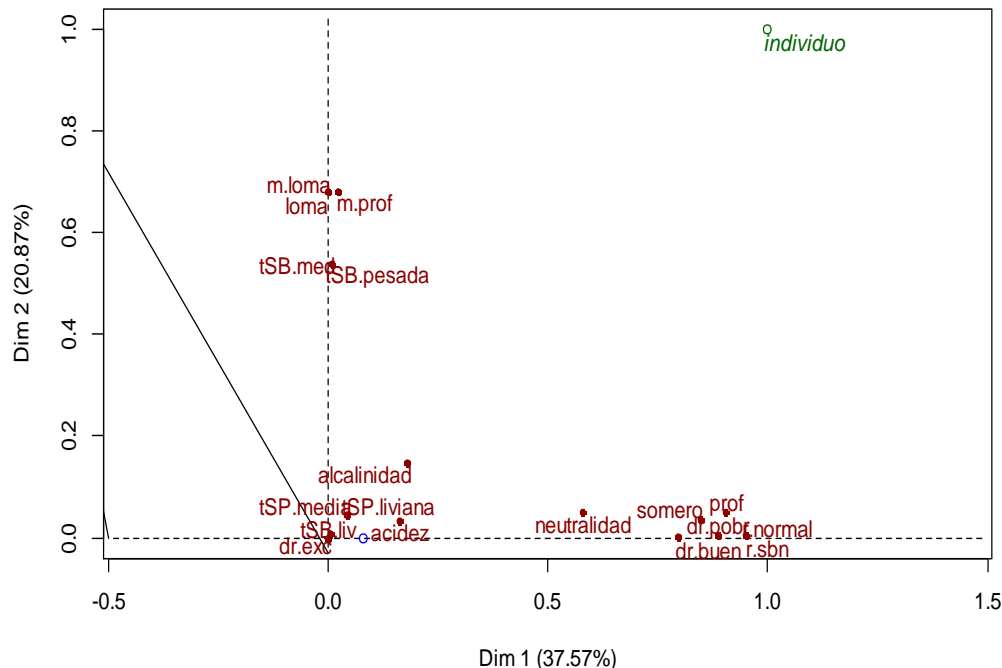
Dimensión	¿??	¿??	%
1	3.76E-01	3.76E+01	<b>37.6</b>
2	2.09E-01	2.09E+01	<b>58.4</b>

El AMC agrupó las parcelas en base a las similitudes y diferencias de los individuos y los dos primeros CP explicaron el 58.4% de la variabilidad

total. Estos resultados son mayores a los encontrados por GONZALEZ IZQUIERDO *et al.*, (2013) en *Pinus caribaea var. caribaea* donde el modelo explicó el 30 % de la variación de la calidad de sitio y, a la vez, son menores a los hallados por ACOSTA *et al.*, (2005) para quienes los primeros componentes que explicaban el 70% de la variabilidad total en *Eucalyptus spp.*

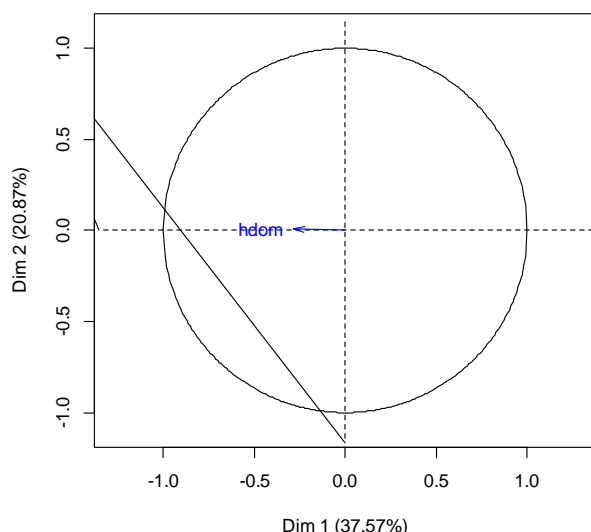
La Figura 3 representa la nube de categorías de suelo en base a la correlación de las coordenadas de las parcelas de muestreo en los CP1 y CP2.

El CP1 se conformó a partir de las categorías de drenaje pobre, suelo somero (poco profundo), relieve subnormal con valores positivos y textura superficial (tSP) liviana con valores negativos. Esto significa que se agruparon en forma inversa los suelos con drenaje pobre, superficiales y con relieve subnormal respecto a los de textura liviana; y que el eje básicamente estuvo dominado por el drenaje, la profundidad y el relieve. La CP2 se conformó a partir de la posición en el paisaje o el tipo de textura subsuperficial (tSB). Las categorías de pH no tuvieron peso en la distribución de los sitios.


**Figura 3. Representación de la nube de variables cualitativas en el plano conformado por los CP1 y CP2.**
**Figure 3. Representation of the cloud of qualitative variables in the plane formed by CP1 and CP2.**



La variable suplementaria Hdom no presentó un valor de correlación estadísticamente significativo con los CP cuyos valores fueron  $-0.28241$  para el CP1 y de  $0.00798$  para el CP2; sin embargo se asoció en forma negativa con el CP1, (Figura 4) lo que significa que fue mayor en suelos con textura liviana y menor en suelos con drenaje pobre, someros y con relieve subnormal; sin mostrar relación con la posición en el paisaje y la textura subsuperficial. Es importante resaltar que correlación no implica causalidad y este análisis principalmente toma en cuenta la correlación entre variables, teniendo la utilidad de ser sensible a asociaciones entre algunas propiedades mensurables del suelo y la Hdom, en este sentido esto indica una tendencia que debe ser tomada en cuenta.



**Figura 4. Hdom como variable suplementaria representada en el plano del ACM.**  
**Figure 4. Hdom as an additional variable represented in the ACM plane.**

Estos resultados sugieren que esta especie presenta dificultades para desarrollarse satisfactoriamente en suelos mal drenados, posiblemente debido a condiciones que dificulten los procesos de respiración en el ambiente radicular. En este sentido es necesario profundizar los estudios bajo dichas condiciones a fin de determinar relaciones de causalidad entre crecimiento y condiciones edáficas. Estos resultados son similares a los obtenidos por otros autores (CASAUBON *et al.*, 2001) que estudiaron la relación entre condiciones edáficas y la calidad de estación para *Populus deltoides*, estableciendo relaciones negativas entre crecimiento en Hdom y condiciones de drenaje defectivo, textura pesada y retención de agua.

## CONCLUSIONES

Estos resultados proporcionan una orientación para la selección de sitios con buena calidad de suelos para instalar forestaciones con *Prosopis alba*, con fines industriales, sugiriendo que existe una relación positiva entre suelos con textura liviana en el horizonte superficial y mayor Hdom y negativa en suelos con drenaje imperfecto, someros y que se encuentran en relieve subnormal. Se debería continuar la recolección de datos y profundizar el análisis, evaluando el comportamiento de la variable Hdom frente a otros parámetros de suelo mensurables que representen propiedades de suelo que en el presente estudio se describieron en forma categórica, para evaluar la posibilidad de obtener un modelo basado en los factores del suelo que favorecen la expresividad genética de los individuos de mayor altura en algarrobo.

## BIBLIOGRAFÍA

ACOSTA B.; Márquez, O.; Mora, E.; García, V.; Hernández, R. 2005. Uso del Método de Análisis de Componentes Principales para la Evaluación de la Relación Suelo Productividad en *Eucalyptus* Spp. Estado Portuguesa-Venezuela. Págs. 17 –44. Rev. Forestal Latinoamericana N° 37.

ASSMANN, E. 1970. The Principles of Forest Yield Study. Oxford, UK, Pergamon Press. 506 pp. 24, 26.

BALL, B.C., Campbell, D.J., Hunter, E.A. 2000. Soil compactibility in relation to physical and organic properties at 156 sites in UK. Soil and Tillage Research 57: 83-91.

CAGUASANGO, S.M. 2012. Modelación de la calidad de índice de sitio-suelo sitio específico mediante criterios de disponibilidad de nutrientes en plantaciones de *Gmelina arborea* y *Pachira quinata* en Bosque Seco Tropical (Zambrano-Bolívar). Tesis de grado para optar al título de Ingeniero Forestal. Universidad Distrital “Francisco José de Caldas”. Bogotá, D.C

CASAUBON, E.A., Gurini L.B., Cueto G.R. 2001. Diferente calidad de estación en una plantación de *Populus deltoides* Catfish 2 del Bajo Delta bonaerense del Río Paraná (Argentina). Revista Invest. Agr.: Sist. Recur. For. Vol. 10 (2). pp 217 – 231

CIOMTA. 2004. Zonas Climáticas Homogéneas. Cartografía. <http://svsconsultora.com.ar/ciomta/zonasClimaticas.html> - visitado diciembre 2016.

CODUTTI, R. O. 2003. Consultoría: Asistencia técnica para la elaboración del diagnóstico agrario y rural de la Provincia del Chaco. Proyecto de desarrollo

de pequeños productores agropecuarios. PROINDER. Ministerio de la Producción- Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación.

CUADRA, E. D. 2012. La problemática forestal en la provincia del Chaco, Argentina. Un análisis desde la geografía. Revista geográfica digital. IGUNNE. Facultad de Humanidades. UNNE. Año 9. N° 18. ISSN 1668-5180 Resistencia, Chaco. En: <http://hum.unne.edu.ar/revistas/geoweb/default.htm>.

ETCHEVEHERE, P. H. 1976. Normas de reconocimiento de suelos. Segunda edición actualizada. INTA, Dpto. de Suelos. Public. 152. Castelar, Buenos Aires. 211pp. I.S.B.N: 2900101785661

FTAL. N°51. Vol 9. (Sep. Oct.), pp 1-38.  
Gobierno del Chaco. Subsecretaría de políticas comunicacionales. Secretaría general de la gobernación. 2013.  
<http://www.prensa.chaco.gov.ar/?pag=noticia&nid=30185>

GONZÁLEZ IZQUIERDO, E., Barredo Medel, H., Carrasco Rodríguez, Y. 2013. Evaluación de las clases de calidad de sitio de *Pinus caribaea* var. *caribaea* en la Empresa Forestal Integral Macurije (Pinar del Río, Cuba). Ecosistemas 22 (3):46-51. DOI: 10.7818/ECOS.2013.22-3.07.

GONZÁLEZ-MOLINA, J. M. 2005. Introducción a la silvicultura general. Universidad de León, León, 309 p. ISBN: 9788497732239

HUSSON F., Lê S., Pagès J. 2011. *Exploratory Multivariate Analysis by Example Using R*. Chapman & Hall/CRC.

KIMMINS, J.P. 2004. Forest Ecology. A foundation for sustainable management and environmental ethics in forestry. Prentice Hall, New Jersey. USA.

LEDESMA, LL. & JJ Zurita. 1995. Los Suelos de la Provincia del Chaco. Convenio INTA-Ministerio de la Producción -Gobierno de la Provincia del Chaco. 164 p.

QUIROGA, A., Buschiazzi, D. E., Peinemann, N. 1998. Management discriminant properties in semiarid soils. Soil Sci. 163: 591-597

R CORE Team. 2013. R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing. Vienna, Austria. URL= <https://www.R-project.org>

ROJAS, J. M.; Prause, J.; Sanzano, G.A.; Arce, O. A. y Sánchez, M. C. 2016. Soil quality indicators selection by mixed models and multivariate techniques

in deforested areas for agricultural use in NW of Chaco, Argentina. Soil Till. Res. 155, 250-262. doi:10.1016/j.still.2015.08.010

THREN, M. 1993. Dasometría. Apuntes de Clase. Serie técnica Forestal. UNSE – GTZ. Facultad de Ciencias Forestales. Universidad Nacional de Santiago del Estero. 182 pp.

TOLEDO, M.; Galantini, J. A.; Ferreccio, E.; Arzuaga, S.; Gimenez, L. y Vazquez, S. 2013. Indicadores e índices de calidad de suelos rojos bajo sistemas naturales y cultivados. Ci.Suelo 31(2): 201-212

WANDER, E.D., Bollero, G.A. 1999. Soil quality assessment of tillage impacts in Illinois. Soil Science Society of America Journal 63: 961-971

# VERIFICACIÓN DE LA PRECISIÓN DE CUATRO MODELOS DE NAVEGADORES SATELITALES, EN POSICIONAMIENTO ABSOLUTO

VERIFICATION OF THE ACCURACY OF FOUR MODELS OF SATELLITAL NAVIGATORS, IN ABSOLUTE POSITIONING.

Fecha de recepción: 30/09/2016 // Fecha de aceptación: 02/05/2017

## RESUMEN

Actualmente, el Sistema de Posicionamiento Global (GPS) de los Estados Unidos de América y el Sistema Orbital Mundial de Navegación por Satélite (GLONASS) de la Federación Rusa son los únicos operativos que forman parte del concepto GNSS. Las aplicaciones de uso civil son numerosas, aumentando últimamente su empleo en la actividad forestal y agropecuaria. El objetivo del presente trabajo fue determinar la precisión de cuatro modelos de Navegadores en base a un punto de coordenadas conocidas de alta precisión, en el Municipio Puerto Iguazú. Los indicadores de precisión utilizados, se corresponden con la norma NSSDA (National Standard for Spatial Data Accuracy) de EE.UU. En base a los valores de la raíz cuadrada del error medio cuadrático (RCEMC), y el error circular probable (ECP), de los navegadores evaluados los más precisos fueron el eTrex 20 y el MAP 62s, con una RCEMC comprendido entre 2,26 m y 2,47 m y un ECP 50%, comprendido entre 1,88 m y 2,03 m. Concluyéndose que la precisión descrita en el catálogo de los navegadores es inferior a los valores obtenidos en el presente estudio.

**Palabras clave:** Error circular probable, raíz cuadrada del error medio cuadrático, posicionamiento absoluto, coordenadas geográficas.

## SUMMARY

At present, the Global Positioning System (GPS) of the United States of America and the Global Navigation Satellite System (GLONASS) of the Russian Federation are the unique systems operating which form part of the GNSS concept. The civilian applications are numerous, and lately their uses have increased in the forestry and agricultural areas. The objective of this work was to determine the accuracy of four models of navigators based on a point of high precision known coordinates, in the town of Puerto Iguazú. The accuracy indicators used, correspond to NSSDA (National Standard for Spatial Data Accuracy) standards of the U.S.A. Based on the values of the Root Mean Square Error (RMSE), and the circular error probable (CEP), the most accurate navigators evaluated were the eTrex 20 and the MAP 62s, with a Root Mean Square Error between 2.26 and 2.47 meters and a circular error probable of 50%, between 1.88 and 2.03 meters. It was determined that the accuracy defined in the catalog of the navigators is less than the values obtained in the present study.

**Key words:** Circular error probable, root mean square error, absolute positioning, geographic coordinates.

### Martín Orlando Orona

Ing. Ftal. Docente Facultad de Ciencias Forestales-Universidad Nacional de Misiones – Bertoni 124. 3382 Eldorado, Misiones – Argentina. Email: martinoo\_1988@hotmail.com

### Narda Yani Andrade

Ing. Ftal. Gaboto 675. 3382 Eldorado, Misiones – Argentina. Email: yaniguazu@yahoo.com.ar.

### Luis Alberto Grance

Ing. Ftal. Docente Facultad de Ciencias Forestales-Universidad Nacional de Misiones – Bertoni 124. 3382 Eldorado, Misiones – Argentina. Email: lgrance@yahoo.com.ar

### Elizabeth Weber

Ing. Ftal. – MSc. Docente Facultad de Ciencias Forestales-Universidad Nacional de Misiones – Bertoni 124. 3382 Eldorado, Misiones – Argentina. Email: eweber@facfor.unam.edu.ar

### Julio Roberto Fabián Grance

Ing. Agrónomo. 3382 Eldorado, Misiones – Argentina. Email: juliogrance@gmail.com



## INTRODUCCION

Un sistema de navegación global por satélite (GNSS), es una constelación de satélites que transmite rangos de señales utilizados para el posicionamiento y localización en cualquier parte del globo terrestre. Estos permiten determinar las coordenadas geográficas y la altitud de un punto dado como resultado de la recepción de señales provenientes de constelaciones de satélites artificiales de la Tierra para fines de navegación. El GNSS proporciona a los usuarios información sobre la posición y la hora (cuatro dimensiones) con una gran exactitud, en cualquier parte del mundo, las 24 horas del día y en todas las condiciones climatológicas.

Como resultado de la recepción de señales provenientes de constelaciones de satélites artificiales, se tienen los siguientes fines: de navegación, transporte, geodésicos, hidrográficos, agrícolas, y otras actividades afines.

Actualmente, el Sistema de Posicionamiento Global (GPS) de los Estados Unidos de América y el Sistema Orbital Mundial de Navegación por Satélite (GLONASS) de la Federación Rusa son los únicos operativos que forman parte del concepto GNSS en los navegadores a evaluar.

Desde el punto de vista teórico, con el sistema de posicionamiento global (GPS) o trabajando con el sistema (GLONASS) se determina en forma precisa, la posición de un punto en cualquier lugar de la tierra teniendo estas las componentes X, Y, Z, bajo un sistema de referencia establecido a nivel mundial denominado world geodetic system 1984 (WGS 84).

Las componentes X (este-oeste) e Y (norte-sur) se refieren a la longitud y latitud respectivamente, en tanto la componente Z se corresponde con la altitud.

Desde el punto de vista geodésico-topográfico, el Sistema GPS/ GLONASS responde a dos requerimientos básicos:

Planteo directo o levantamiento: se tiene en el terreno un punto materializado, un pilar con placa y marca, un mojón, etc., se piden sus coordenadas en un sistema de referencia prefijado.

Planteo inverso o replanteo: se dan las coordenadas de un punto en un sistema de referencia determinado y se pide la localización de dicho punto, que de no estarlo ya, será materializado en el terreno (HUERTA *et al.* 2005).

Los Navegadores se han convertido en una herramienta corriente y de uso frecuente entre personal de diferentes áreas en el medio agropecuario y de uso no exclusivo de ingenieros y agrimensores. Por el contrario forma parte del equipamiento normal entre muchos productores agropecuarios, vendedores de campos, contratistas agrícolas, técnicos agropecuarios, además de técnicos agrimensores y agrónomos.

Frente al uso creciente de los Navegadores en la actividad agropecuaria se hace necesario revisar en detalle los principios y resultados del funcionamiento de estos receptores de bajo precio y analizar los errores

que cometen en el posicionamiento absoluto o sistema de posicionamiento estándar (SPS). De esta forma los profesionales y técnicos pueden tener una justa valoración de hasta qué punto pueden hacer topografía con estos receptores trabajando en SPS (KOOLHAAS, 2005).

Considerando que la meta de todo levantamiento topográfico es la generación de mapas, planos, obtención de datos o corroboración de los mismos, procesamiento o análisis dentro de un sistema de información geográfica (SIG) u otra herramienta informática, resulta necesario conocer la precisión que nos brindan estos instrumentos para determinar en qué tipo de actividad se pueden emplear, sin olvidar que existen errores que no se logran eliminar trabajando en posicionamiento absoluto.

A continuación se mencionan las fuentes de error que en la actualidad afectan de forma significativa a las medidas realizadas con los navegadores y sobre los cuales no se pueden aplicar ningún tipo de corrección: la perturbación ionosférica, fenómenos meteorológicos, imprecisión en los relojes de los satélites y receptores, interferencias eléctricas imprevistas, error multisenda, disponibilidad selectiva (solo para el sistema GPS, no afecta a GLONASS), topología receptor-satélite. Otras causales de error son la geometría de los satélites conocida como dilución de la precisión posicional (PDOP), la elevación de los satélites respecto al horizonte, la reflexión de la señal con objetos cercanos, sincronización de los relojes satelitales y navegador (LÓPEZ, 2011; LÓPEZ *et al.* 2010; HUERTA *et al.* 2005; JAUREGUI, 2011; CORREIA, 2002).

Para el presente trabajo los navegadores utilizados, de código C/A (HUERTA, 2005; LÓPEZ, 2011), dependen en primer lugar de la sensibilidad del chip y del tipo de antena. Estos instrumentos no permiten eliminar o corregir los errores, detallados anteriormente.

En la mayoría de los aparatos de GPS para mapeo, las lecturas de elevación no son exactas, debido a la naturaleza de la constelación de satélites en el firmamento. Como los satélites no son visibles a menos de cero grados bajo el horizonte, los aparatos de GPS no pueden trilaterar debidamente la coordenada Z o de elevación; por lo tanto, los valores de altitud deben usarse con mucha precaución (BOLFOR y ETSFOR. 1999). Entre los antecedentes de comparación de datos relevados con GPS diferencial (DGPS) y navegadores se encuentra el trabajo de LÓPEZ (2011), quien determina para 2 modelos de navegadores un error relativo comprendido entre 0,01 y 0,53% en la determinación de la distancia de los lados de una poligonal relevada con DGPS, con precisión de 10 mm.

A los efectos de determinar la precisión de los modelos de navegadores seleccionados, en el presente trabajo se analizaron los datos relevados con cada uno de ellos a partir del punto geodésico perteneciente a la red POSGAR 2007 (Posiciones Geodésicas Argentina), denominado IGUA.

## Hipotesis

La hipótesis del trabajo es que la precisión descrita en el catálogo de los navegadores no refleja la realidad, por lo que cada modelo debe ser evaluado estadísticamente antes de su uso en la actividad agroforestal.

## Objetivo general

Determinar la precisión a cielo abierto de cuatro modelos de navegadores en base a un punto de coordenadas conocidas de alta precisión, en Puerto Iguazú.

## Objetivos particulares

Determinar la precisión de los navegadores teniendo en cuenta latitud, longitud y altitud.

Determinar la mejor banda horaria para disminuir el error en la toma de datos.

## MATERIALES Y MÉTODOS

## Área de Estudio Puerto Iguazú

El lugar donde se realizó las mediciones para determinar la precisión, se ubica en el municipio Puerto Iguazú, se encuentra materializado por un pilar de hormigón construido por el Instituto Geográfico Militar (IGM) con la denominación IGUA; este se localiza en la rotonda de acceso a la ciudad. Es parte de los seis puntos geodésicos pertenecientes a la Red POSGAR 2007 de la provincia de Misiones (RED POSGAR 2007), distribuidos como se puede apreciar en la figura 1.

Actualmente el punto forma parte del proyecto SIRGAS (Sistema de Referencia Geocéntrico para las Américas), es coincidente con la red PASMA (Proyecto de apoyo al sector minero argentino) en la cual tiene la nomenclatura 04-001, el mismo responde a las siguientes coordenadas (latitud: 25°36'42,48"S; longitud: 54°33'40,32"O) y altura elipsoide 192,2 metros (RED POSGAR, 2007). Para llegar al mojón se transita por la ruta nacional N° 12, hasta alcanzar el lado sur de la rotonda tal como se aprecia en la figura 2, sobre la imagen del año 2014 obtenida de Google Earth.



**Figura 1: Puntos de la Red POSGAR 2007 en la Provincia de Misiones**

**Figure 1: Points of the POSGAR 2007 Network in the Province of Misiones**



**Figura 2: Ubicación del Punto Geodésico IGUA perteneciente a la Red POSGAR 2007**

**Figure 2: Location of the Geodetic IGUA Point, belonging to the POSGAR 2007 Network**

### Descripción de los Navegadores

Los navegadores marca Garmin son los más difundidos en la zona para realizar actividades agroforestales, motivo por el cual fueron elegidos para su evaluación.

Los datos descriptivos de los 4 modelos evaluados, fueron obtenidos de la página oficial de Garmin (<http://www.garmin.com/es-AR>), los mismos cuentan con igual tecnología de procesador (chip), denominado SirfStar III. En la tabla 1 se muestran las características técnicas según fabricante.

### Mediciones a Campo

Los navegadores estuvieron configurados con datum WGS 84 y formato de posición en coordenadas geográficas con la siguiente característica: latitud/longitud hddd.dddd° (decimal).

Los datos fueron registrados en forma automática por los navegadores utilizando la función track; entendiéndose como tal al registro de una secuencia de puntos en un lapso de tiempo o distancia definida en la configuración. Para este trabajo la configuración para el registro de datos fue cada 5 segundos.

La toma de datos se realizó en simultáneo con los 4 navegadores, ubicados sobre una plataforma de madera de un metro de altura (posicionamiento absoluto en modo estático), presentando una distribución coincidente con los puntos cardinales a una distancia de 5 cm respecto al centro del punto seleccionado; los datos fueron registrados con cada receptor sobre el punto IGUA en dos jornadas de 9 horas los días 21 y 22 de agosto de 9 a 18 hora.

El análisis del comportamiento de los navegadores, se realizó en base a los criterios establecidos por las NSSDA (*National Standard for Spatial Data Accuracy*), de los EE.UU (GAMBOA, 2007; QUINTANA, 2004).

### Determinación de la mejor banda horaria

Para seleccionar la mejor banda horaria, a partir de la evaluación de los datos del punto IGUA se calculó la RCEMC y el ECP, por hora para cada navegador, sometiéndose estos resultados a la prueba de rangos múltiples de los valores medios, a los efectos de determinar los horarios en los cuales no existen diferencias significativas entre las medias de la longitud y latitud de cada navegador, siendo el testigo el valor verdadero (IGUA). Aplicando distintos test de análisis, a un nivel de confianza del 95,0%, LSD, Tukey HSD, Scheffe, Bonferroni, Student-Newman-Keuls y Duncan (PULIDO y SALAZAR 2008).

**Tabla 1: Características técnicas de los cuatro modelos de navegadores satelitales de la marca Garmin, según manual del fabricante.**

**Table 1: Technical characteristics of the four models of satellite navigators of the Garmin brand, according to the manufacturer's manual.**

Navegador	Precisión Garmin (m)	Tipo de Antena	Pantalla	Tarjeta MicroSD	Memoria Interna (GB)	Sistema
LegendHcx	(+/-10)	Plana	color	SI		GPS
MAP 62s	(+/-7)	Helicoidal	Color	SI	1,7	GPS
Montana 650	(+/-3,65)	Plana	Color, Táctil	SI	3	GPS
eTrex 20	(+/-3,6)	Plana	Color	SI	1,7	GPS Y GLONASS

## RESULTADOS Y DISCUSION

### Puerto Iguazú, Punto IGUA.

Las condiciones meteorológicas presentes en las dos jornadas fueron las siguientes: la primera jornada transcurrió con cielo despejado durante la toma de datos; en tanto en la segunda jornada, si bien las dos primeras horas carecieron de nubes, el resto del día estuvo totalmente nublado.

La tabla 2 sintetiza los resultados del comportamiento de los cuatro navegadores durante los dos días en el punto IGUA, tomando como indicadores de precisión el valor del error circular probable (ECP) a distintos porcentajes y la raíz cuadrada del error medio cuadrático (RCEMC). Se brindan también los valores medios de desfases de cada navegador respecto a la latitud y longitud.

De acuerdo a los resultados de la tabla anterior podemos decir que el eTrex 20 presentó el mejor

comportamiento el día 1 mostrando los menores valores de la RCEMC y el ECP a distintos porcentajes, excepto al 95 % donde existe una pequeña diferencia (0,1 %) a favor del MAP 62s que se encuentra en segundo lugar. En tercer lugar se ubica el Legend Hcx y por último el Montana 650.

En el día 2, los valores de ECP para los distintos porcentajes y la RCEMC son similares para los modelos MAP 62s y eTrex 20, siendo el primero el que exhibe menor valor para todos los casos.

En cambio al promediar los valores de las dos jornadas, teniendo en cuenta los ECP a distintos porcentajes y los valores de la RCEMC, los navegadores se ordenarían, en base a estos indicadores de precisión de la siguiente manera, eTrex 20, MAP 62s, Legend Hcx y Montana 650, existiendo una diferencia muy pequeña entre los 2 primeros modelos, lo que coincide con el análisis de la RCEMC, presentado en la tabla 3 para los cuatro modelos de navegadores.

**Tabla 2: Valores medios de los indicadores de precisión de los cuatro modelos de navegadores en el punto IGUA, 21 y 22 de agosto de 2015.**

**Table 2: Mean values of the precision indicators of the four navigator models in the IGUA point, August 21 and 22, 2015.**

Día	Navegador	Desfase (m)		RCEMC (m)	ECP (m)			
		Latitud	Longitud		50 %	70 %	90 %	95 %
1	eTrex 20	1,87	-1,38	2,68	2,20	3,40	4,30	5,10
2	eTrex 20	0,71	-0,30	1,83	1,60	1,90	2,90	3,50
Promedio		1,29	-0,84	2,26	1,88	2,65	3,58	4,30
1	MAP 62s	2,27	-0,64	3,32	2,80	3,60	4,50	5,00
2	MAP 62s	-0,63	-0,54	1,61	1,30	1,80	2,80	3,30
Promedio		0,82	-0,59	2,47	2,03	2,70	3,65	4,15
1	LegendHcx	3,60	-0,71	4,45	3,80	4,30	5,80	6,40
2	LegendHcx	1,09	-0,29	2,10	1,80	2,00	3,80	4,10
Promedio		2,35	-0,50	3,28	2,79	3,15	4,80	5,25
1	Montana 650	4,10	-1,85	5,58	4,60	6,00	8,30	9,40
2	Montana 650	1,90	-1,01	3,54	2,30	3,50	5,50	6,60
Promedio		3,00	-1,43	4,56	3,46	4,75	6,90	8,00

RCEMC: Raíz cuadrada del error medio cuadrático; ECP: Error circular probable.

**Tabla 3: Promedio y valores extremos de la raíz cuadrada del error medio cuadrático (RCEMC), para cada navegador.**

**Table 3: Average and extreme values of the root mean square error (RMSE) for each navigator.**

	eTrex 20	MAP 62s	Legend Hcx	Montana 650
<b>RCEMC (m)</b>	2,26	2,47	3,28	4,56
<b>Máximo (m)</b>	7,39	6,17	7,24	18,22
<b>Mínimo (m)</b>	0,62	0,18	0,62	0,62



## Análisis de las Coordenadas

### 1- Longitud

En el gráfico 1, se observa la distribución de los datos de longitud tomados en los dos días, donde se visualiza que los navegadores proporcionan valores cuya dispersión presentan una tendencia hacia el este con respecto al valor verdadero (IGUA).

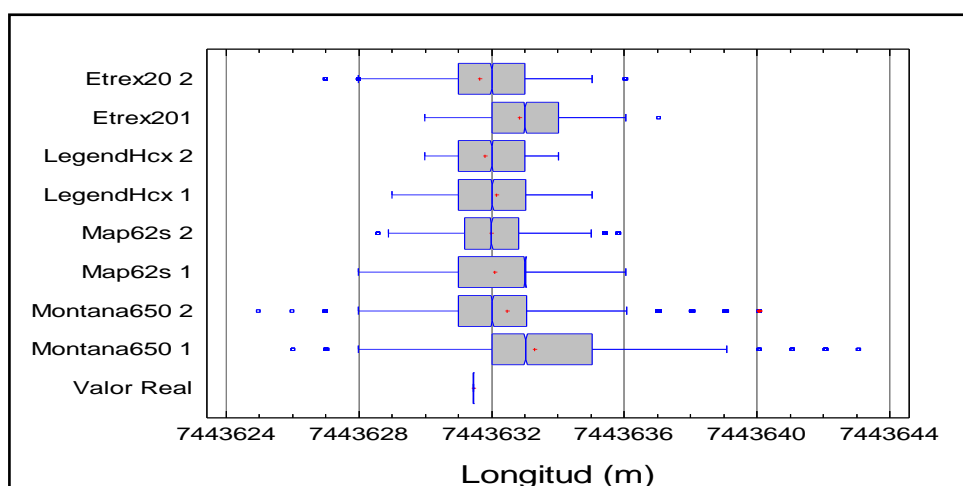
### 2- Latitud

En el gráfico 2, podemos ver la distribución de los datos de latitud tomados en los dos días, donde se

visualiza que la media y la mediana de los navegadores se ubican hacia el Sur con respecto al valor verdadero, a excepción del MAP 62s en el día 2.

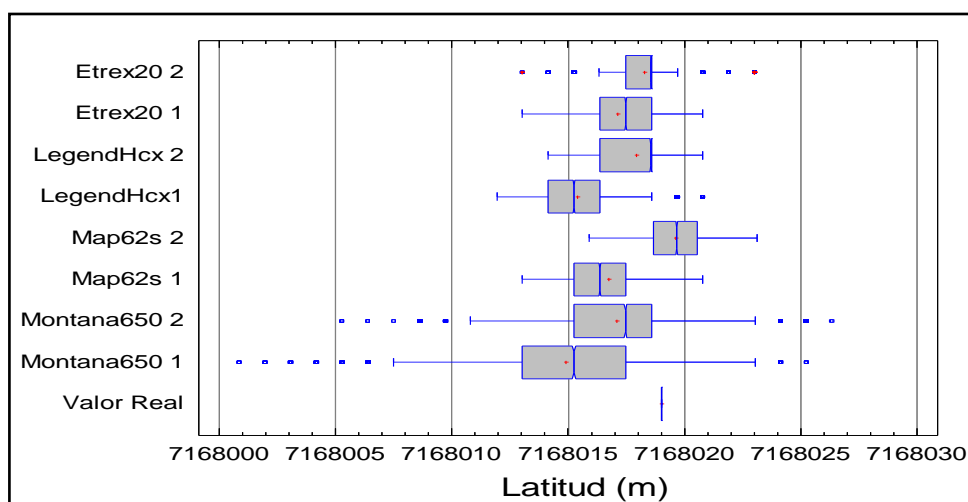
### 3- Altura:

En el gráfico 3 se ve la distribución de los datos de altura tomados en los dos días. Coincidiendo con KOOLHAAS, (2005); BOLFOR y ETSFOR, (1999), estos navegadores no deberían ser usados en trabajos de nivelación o levantamiento de perfiles precisos.



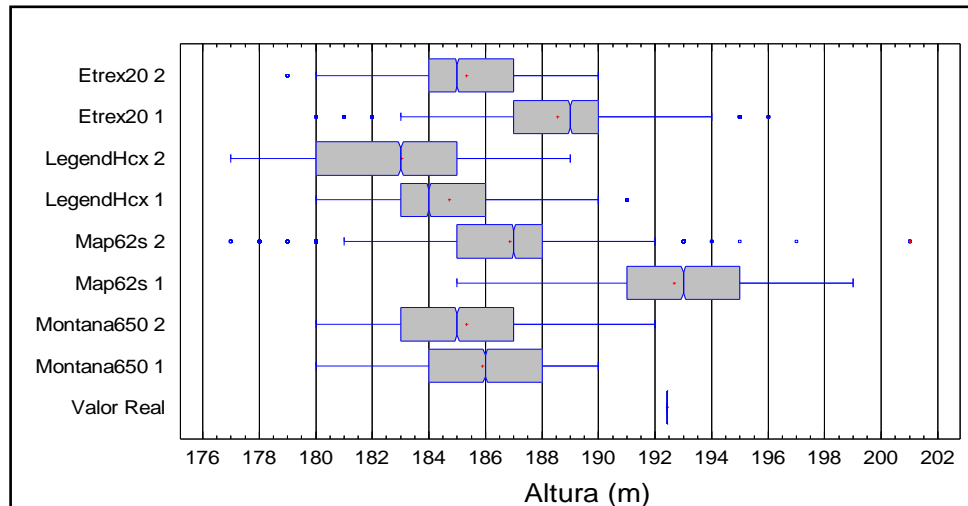
**Gráfico 1: Comportamiento de los registros de longitud para los cuatro navegadores en los dos días, con respecto al valor verdadero. (Los números 1 y 2 se refieren a los días).**

**Graph 1: Behavior of longitude records for the four navigators in the two days, with respect to the true value. (Numbers 1 and 2 refer to days).**



**Gráfico 2: Comportamiento de los registros de latitud de los cuatro navegadores en los dos días, con respecto al valor verdadero (los números 1 y 2 se refieren a los días).**

**Graph 2: Behavior of latitude records for the four navigators in the two days, with respect to the true value. (Numbers 1 and 2 refer to days).**



**Gráfico 3: Comportamiento de los registros de altitud de los cuatro navegadores en los dos días, con respecto al valor verdadero. (Los números 1 y 2 se refieren a los días).**

**Graph 3: Behavior of altitude records for the four navigators in the two days, with respect to the true value. (Numbers 1 and 2 refer to days).**

### Determinación de la mejor banda horaria

Aplicando la prueba de rangos múltiples a los valores medios de la latitud, longitud y altitud, a los efectos de determinar los horarios en los cuales no existen diferencias significativas entre los valores medios de estas variables obtenidas en cada navegador, con respecto al valor verdadero, empleando distintos test de análisis estadístico, a un nivel de confianza del 95,0 %, se determinó que no existen diferencias significativas entre las medias para el rango horario comprendido entre las 9 y 12 horas.

### Comparación de resultados respecto a la especificación técnica de los navegadores

En la tabla 4 se detallan las características técnicas según el fabricante en cuanto a la precisión de los receptores, comparándolo con los indicadores de precisión obtenidos por cada modelo en el punto de referencia IGUA.

De los resultados obtenidos, se observa que los valores de precisión logrados para los modelos eTrex 20, MAP 62s y Legend Hcx se encuentran dentro de las especificaciones técnicas. El modelo Montana 650 que en catálogo es uno de los mejores, arroja valores inferiores de precisión respecto a su especificación técnica.

**Tabla 4: Comparación del error circular probable (ECP), por modelo de navegador, a diferentes porcentajes de probabilidad, en el punto geodésico IGUA.**

**Table 4: Comparison of circular error probable (CEP), by navigator model to different probability percentages, at the geodetic point IGUA.**

Navegador	Precisión Fabricante (m)	ECP (m)			
		50 (%)	70 (%)	90 (%)	95 (%)
eTrex 20	(+/-3,6)	1,38	2,46	3,90	4,3
MAP 62s	(+/-7)	2,00	2,80	4,10	4,75
Legend Hcx	±(4-10)	2,60	3,80	5,10	5,8
Montana 650	(+/-3,65)	3,25	4,75	7,25	8,5

## CONCLUSIONES

En el momento de decidir que navegador usar, de los navegadores evaluados, los resultados indican que el eTrex 20 y el Map 62s nos brindan la mejor precisión.

Entre los que presentan antena plana, el navegador que cuenta con integración de sistemas GPS+GLONASS, es el que proporciona valores más confiables, ocupando el primer lugar en precisión.

En mediciones a cielo abierto (punto geodésico IGUA) podemos concluir en base al ECP al 50 % y la RCEMC que la mayor precisión de los navegadores se da de mayor a menor en el siguiente orden: eTrex 20, seguido por el MAP 62s, Legend Hcx y Montana 650.

La mejor banda horaria para tomar puntos con la precisión detallada por el fabricante, sería entre las 9 y 12 horas.

Los resultados de precisión obtenidos no son definitivos, requiere de repetitividad, en distintas épocas del año, con una variabilidad de situaciones.

La precisión descrita en el catálogo de los navegadores es inferior a los valores obtenidos en el presente estudio.

QUINTANA, M. S. 2004. Análisis de precisión y eficiencia de receptores GPS bajo cobertura arbórea (Tesis Doctoral), Universidad Politécnica de Madrid, España. 186 pp.

## BIBLIOGRAFIA

BOLFOR; ETSFOR. 1999. Cartografía y Uso de la Tecnología GPS. Santa cruz Bolivia. 61 pp.

CORREIA P. 2002. Guía práctica del GPS. MARCOMBO S.A. Barcelona – España. 202 pp.

GAMBOA J. F. 2007. Normas y estándares para datos geospaciales en Costa Rica. Universidad Estatal a Distancia. 21, 22 noviembre 2007. San José, Costa Rica. 74 pp.

GARMIN. Características técnicas de los receptores GPS. Consultado el 15 de abril de 2015. <http://www.garmin.com/esAR>.

GOOGLE HEART software online, versión libre, imágenes 2014.

HUERTA, E.; Mangiaterra, A.; Noguera, G. 2005. GPS: Posicionamiento satelital. Primera Edición. UNR Editora - Universidad Nacional de Rosario. Argentina. 148 pp.

JAUREGUI, L. 2011. Curso básico GPS. Consultado 27 de abril de 2015, [webdelprofesor.ula.ve/ingenieria/iluis/publicaciones/](http://webdelprofesor.ula.ve/ingenieria/iluis/publicaciones/)

KOOLHAAS, M. 2005. El GPS y sus aplicaciones agronómicas. Uruguay: Universidad de la República, Área Ingeniería Agrícola. 148 pp.

Red POSGAR 2007. Listado de puntos. Geodésicos, Misiones, Instituto Geográfico Nacional, República Argentina, consultado el 20 de abril de 2015 <http://www.ign.gob.ar/NuestrasActividades/Geodesia/Posgar/RedPosgar07>.

LÓPEZ VALDÉS, E.; Núñez A. A.; Gracia Gómez, C. 2010. Test de análisis de la precisión en determinación de trayectorias con GPS. Ingeniería Técnica en Topografía. 58 pp.

LÓPEZ, H. H. 2011. Geociencias. Tercera Edición. Misiones, Argentina. 250 pp.

PULIDO H. G. y Salazar R. 2008. ANÁLISIS Y DISEÑO DE EXPERIMENTOS Segunda edición editorial MCGRAW-HILL/INTERAMERICANA EDITORES, S.A. de C.V., Mexico. 545 pp.

# ESTUDIO DE REINGENIERÍA DE UNA LÍNEA DE RECUPERACIÓN DE MEOLLOS MEDIANTE TORNO SIN MORDAZAS EN LA INDUSTRIA DE COMPENSADOS.

REENGINEERING STUDY OF A RECOVERING CORE LINE USING A SPINDLELESS LATHE IN PLYWOOD INDUSTRY.

Fecha de recepción: 29/08/2016 // Fecha de aceptación: 02/05/2017

## Diego Seewald

Ingeniero en Industria de la Madera, [diego.seewald@gmail.com](mailto:diego.seewald@gmail.com)

## Juan Peluso

Ingeniero en Industria de la Madera, [nacho\\_peluso@hotmail.com](mailto:nacho_peluso@hotmail.com)

## Marcelo Marek

Docente, Facultad de Ciencias Forestales- UNaM. Bertoni N° 124, C.P.3380, Eldorado-Misiones-Argentina. [mmarek@facfor.unam.edu.ar](mailto:mmarek@facfor.unam.edu.ar)

## José Luis Nucera

Docente, Facultad de Ciencias Forestales- UNaM. Bertoni N° 124, C.P.3380, Eldorado-Misiones-Argentina. [jlnucera@facfor.unam.edu.ar](mailto:jlnucera@facfor.unam.edu.ar)

## Diego Baeza

Gerente de planta, Coama Sudamérica S.A., AV. Fundador Julio A. Schwelm S/N Km 8, Eldorado, Misiones, Argentina. C.P. 3380. Email: [diego@coama.com.ar](mailto:diego@coama.com.ar)

## RESUMEN

Este trabajo muestra un análisis de las condiciones operativas y desarrollo de mejoras para la línea de recuperación de meollos en una fábrica de compensados. Esto tiene como objetivo aumentar la productividad del sector, mejorar las condiciones laborales y disminuir los costos de producción. Se realizó un diagnóstico de la situación inicial, se obtuvieron indicadores y se identificaron los puntos a mejorar. Se propusieron y desarrollaron mejoras operativas para bajar los tiempos improductivos que afectan la productividad. Se cuantificó económicamente la diferencia entre los óptimos y reales de producción, y se identificó los causantes de dicha diferencia, valorizando las oportunidades que representan cada uno de ellos. Este análisis se realizó considerando un solo producto (lámina relleno de compensados). Se estimó una reducción del 21,3% los tiempos improductivos, con una oportunidad de mejora de \$ 65.396 mensual. Se analizó el impacto de la automatización y mejoras en los costos de producción por metro cúbico. Cada mejora fue analizada en forma independiente en su implementación, por tener diferente valor de inversión y periodo de amortización. Se implementaron 11 mejoras, relacionadas a cambio de *layout*, automatización y mejoras en la organización.

## SUMMARY

This paper presents an analysis of the operating conditions and development of improvements to the recovery of cores - byproducts in plywood plant. The manufacturer aims to increase the productivity and recovery, improve safety conditions and reduce production costs. Was carried out a diagnosis of the initial situation of the veneer lathe line, by sampling, in order to obtain the corresponding indicators and identify areas for improvement. Based on this diagnosis, were proposed and developed operational improvements to lower downtime identified in the veneer line. Were quantified the difference between optimal and actual production, and the identified cause of this was, valuing the opportunities. This analysis was performed considering a single product (inner veneer). A reduction of 21,3% was estimated downtime, with an opportunity for improvement of \$ 65.396 per month. Were made analysis of the impact on production costs arising automation improvements, to obtain the estimated reduction in the total cost per cubic meter of product. Each improvement was analyzed separately because they are independent in their implementation, and also have different investment values and different periods of recovery. Improvements were 11 points,



**Palabras clave:** productividad, tiempos improductivos, gerenciamiento industrial, láminas de madera.

related to layout reform, new automatization and better organization.

**Key words:** productivity, downtime, plywood management, veneer

## INTRODUCCIÓN

El entorno económico internacional se caracteriza cada vez más por su dinamismo y globalización. Es imprescindible para las empresas tener como un objetivo permanente la visión de mejoras continuas, que contribuyan con su competitividad dentro del sector donde se desempeñe. Las empresas tienen un objetivo económico claro y eso es totalmente lógico, ya que le proporciona la posibilidad de ser competitivas. Cualquiera sea la actividad que se realice, debe apuntar a aumentar la rentabilidad industrial, logrando el máximo rendimiento de los recursos: personal, capital, materiales, ideas y los procesos de transformación (MOCHON y BEKER, 2008).

Una herramienta clave para que las empresas sean competitivas es la implementación de reingenierías en los procesos productivos. Esto permite lograr incrementos significativos en cortos periodos de tiempo, en valores de rentabilidad, productividad, tiempo de respuesta y calidad, implicando la obtención de ventajas competitivas (KANAWATY, G. 1996)..

La reingeniería debe ser aplicada a diferentes procesos: modernización, transformación o reestructuración; teniendo como único objetivo aumentar la capacidad para competir mediante la reducción de costos. Se define a la Reingeniería como “la revisión fundamental y el rediseño radical de procesos para alcanzar mejoras espectaculares en medidas críticas y contemporáneas de rendimiento, tales como costo, calidad, servicios y rapidez” (HAMMER y CHAMPY, 1993).

El sector del compensado nacional no está exento a la aplicación de estas metodologías de trabajo. Con líneas de producción más antiguas -inicio de los '80- en comparación con las instaladas en países vecinos como Chile o Brasil, debe asumir mayores costos de producción, que dificultan la competencia, situación agravada con la eliminación de las restricciones a la importación que se aplican a partir de diciembre pasado (MINOLI, 2016).

### Las etapas de producción

La fabricación del tablero compensado se inicia desde el proceso de selección y corte de los árboles de acuerdo con las exigencias de la empresa (diámetro, calidad). Las trozas son descortezadas a los fines de extender la duración del filo de la cuchilla del torno. Posteriormente se procede a la cocción de trozas, a fines de ablandar la madera. El debobinado consiste en sujetar las trozas y hacerlas girar por medio de dos garras en sus extremos, produciendo una lámina mediante la regulación de una cuchilla y contracuchilla,

entre otras variables. Se lamina hasta dejar un resto llamado “meollo”, que con la tecnología disponible es de entre 12 y 17 cm. La lámina obtenida pasa por un proceso de guillotinado, donde se eliminan los defectos y dimensiona la lámina de acuerdo al pedido. (PELUSO y SEEWALD, 2015).

En el caso particular de la empresa en la cual se realizó el estudio, cuenta con una segunda línea de torno, para la recuperación de meollos. Se toman los cilindros centrales de diámetro de 12 a 17 cm y se reprocesa hasta un diámetro de 4 cm, obteniendo láminas adicionales a partir de un subproducto o residuo de la industria del compensado convencional, que representa un aumento del rendimiento de la materia prima.

### Volúmenes de producción mundial y local de tableros compensados

El mercado mundial de tableros compensados se encuentra fuertemente liderado por la producción de China, la cual produce un 71,2% del volumen mundial, alcanzando los 92,338 millones de m<sup>3</sup> anuales. La república Argentina ocupa el puesto 42 de la lista, con una producción de 68.000 m<sup>3</sup>/año (FAO, 2014). Las provincias con mayor participación son Misiones y Corrientes con 47% y 53% del volumen producido respectivamente. Las empresas más importantes son Forestadora Tapebicúa S.A.; Coama Sudamérica S.A. y Henter I.C.S.A.

### Alcances del trabajo de reingeniería

Este estudio surge a partir de la necesidad e interés de la empresa en reducir sus costos de producción, incrementar la productividad, disminuir los Tiempos Improductivos (TI) y automatización el sector. El objetivo general fue desarrollar un proyecto de reingeniería en el proceso de recuperación de meollos de la empresa para aumentar la productividad del sector y disminuir los costos de producción. Este sector está constituido por: almacenamiento, abastecimiento y debobinado de meollos, guillotinado, clasificación de láminas y evacuación de residuos. Su alcance comprendió el desarrollo y análisis de factibilidad técnica, valorización de oportunidades y estudio de costos-beneficios de las mejoras propuestas.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Descripción de la línea de recuperación de meollos, empresa Coama Sudamérica S.A.

La línea de recuperación tiene como principal objetivo recuperar los meollos obtenidos en el torno

debobinador principal, y obtener laminas para relleno aumentando el rendimiento del proceso, dejando un meollo de 4 cm de diámetro. Está compuesta por: 1) mesa de entrada de trozas; 2) unitizador de trozas, 3) torno laminador marca SANJI sin mordazas, lo cual permite procesar hasta un meollo resto de 4 cm; 4) mesa de alimentación de guillotina, 5) guillotina convencional marca Raute, 6) mesa clasificación de láminas y 7) mesa de armado de paquetes (PELUSO y SEEWALD, 2015).

### Etapas desarrolladas

En el primer paso se identificaron las razones por las cuales era necesario mejorar (fallas, desviaciones y antecedentes), para elegir el camino más adecuado. Se partió de un análisis de proceso de la situación actual para detectar los aspectos críticos respecto a los tiempos improductivos generados, y detectar problemas y posibles oportunidades de mejoras. Tomando en consideración los resultados de la etapa anterior, se diseñó un nuevo proceso, apuntando a eliminar las tareas que no agregan valor al producto o al servicio y realizar las tareas necesarias con los menores costos. Como herramienta básica, se partió de un análisis de balance de planta del sector, basado en la capacidad productiva de cada equipo (PELUSO y SEEWALD, 2015; ABRAHAM, 2008).

### Recolección de datos

Con el fin de identificar los tiempos improductivos y su representatividad, se realizó la toma de tiempos del proceso, estimándose un tiempo de parada promedio por cada una de las causas más frecuentes, que a su vez permitiera realizar el cálculo del posible incremento que se podría obtener en la producción al reducir las mismas a un valor esperado. Así, las mejoras se enfocaron en disminuir los tiempos improductivos, muchos de ellos por atascamientos debido a falencias de diseño, roturas anteriores, dispositivos faltantes, entre otras, que afectan al método de trabajo, ya que los operadores deben interrumpir el ciclo para desatascarlo. Antes de inicio de la toma de datos, se determinó que el “cuello de botella” era el torno, el cual restringía el ritmo de la producción. Debido a esto, todas las observaciones, análisis y propuestas de mejoras fueron orientadas a reducir el tiempo de paradas del mismo, traduciéndose directamente en aumento de productividad del sector (PELUSO y SEEWALD, 2015).

### Análisis de capacidad de planta

Para poder determinar una proporción de estos valores, o determinar los indicadores del sector, se realizó el análisis de la capacidad de planta. Esto permitió identificar las operaciones donde se realizaron las propuestas de mejoras (PELUSO y SEEWALD, 2015).

### Análisis económico de las mejoras propuestas

Se cuantificó la diferencia entre los valores potenciales respecto a la oportunidad de mejora y reales de producción, y se identificó los causantes, valorizando las oportunidades que representan cada uno de ellos. Estas oportunidades futuras se elaboraron con datos de producción de los meses de julio a septiembre de 2015. Las oportunidades identificadas fueron debidas a paradas extras; atascamientos de guillotina; atascamientos de meollos; atascamiento de mesa; atascamiento de la descarga de láminas. Además se analizaron cada una de ellas considerando la producción mensual, su valor económico; comparando valores óptimos y reales. (MALLORQUIN, 2012; PELUSO y SEEWALD, 2015; FAGA y MEJIA RAMOS, 2006).

$$OPPE = (PMPEE \times VL) - (PMPEA \times VL) \quad (01)$$

Donde es la *OPPE* oportunidad por parada extra; *PMPEE* producción mensual con paradas extras esperadas (m³); *PMPEA* producción mensual con paradas extras actual (m³) y *VL*= valor de lámina (\$/m³) (Fórmula 01).

$$OPAG = (PMAGE \times VL) - (PMAGA \times VL) \quad (02)$$

Donde *OPAG* es la oportunidad por atascamiento de guillotina; *PMAGE* producción mensual con atascamiento guillotina esperados (m³) y *PMAGA* producción mensual con atascamientos de guillotina actual (m³) (Fórmula 02).

$$OPAM = (PMAME \times VL) - (PMAMA \times VL) \quad (03)$$

Donde *OPAM* es la oportunidad por atascamiento de meollos; *PMAME* producción mensual con atascamiento de meollos esperadas (m³) y *PMAMA*= producción mensual con atascamientos de meollos actual (m³) (Fórmula 03).

$$OPAME = (PMAMEM \times VL) - (PMAMEA \times VL) \quad (04)$$

Donde *OPAME* es la oportunidad por atascamiento de meollos; *PMAMEE* producción mensual con atascamiento de meollos esperadas (m³) y *PMAMEA* producción mensual con atascamientos de meollos actual (m³) (Fórmula 04).

$$OPASL = (PMASLE \times VL) - (PMASLA \times VL) \quad (05)$$

Donde *OPASL* es la oportunidad por atascamiento de salida de láminas; *PMASLE* producción mensual con atascamiento de salida de láminas esperadas (m³) y *PMASLA* producción mensual con atascamientos de salida de láminas actual (m³) (Fórmula 05).

### Análisis económico de las diferentes automatizaciones planteadas

Se realizó un análisis del impacto que tienen en los costos de producción de la línea las diferentes mejoras planteadas para la automatización de operaciones, y de esta manera poder estimar la reducción del costo total por m³ de lámina verde para relleno producida<sup>1</sup>. Se analizó cada mejora por separado

<sup>1</sup>La información acerca de los diferentes costos analizados fue suministrada por la empresa.

ya que las mismas son independientes unas de otras en cuanto a su implementación y poseen valores de inversión diferentes y por lo tanto distintos periodos de recupero. Para el cálculo de los periodos de recupero en años de los diferentes montos de inversión para cada una de las mejoras, se utilizó el valor que representa la reducción de los costos en la producción anual de las láminas, manteniendo los volúmenes producidos actuales y por lo tanto el mismo valor económico de la producción. (MOCHON y BEKER, 2008)

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se tomaron los tiempos de proceso de 1.308 trozas (muestras) de la línea de producción en torno sin mordazas, con los cuales se determinaron los tiempos promedios ponderados con improductivos y sin improductivos como se observa en la Tabla 1. En este caso, la variable T1 es el tiempo de carga de trozas y T2 es el tiempo de debobinado.

A partir de los tiempos promedio del proceso se procedió a calcular, de manera porcentual, como se ve afectada cada clase de materia prima, por los distintos tiempos improductivos.

### Resultados de análisis de capacidad de planta

Este análisis estableció los indicadores y actuales indicados en la Tabla 2, con los principales valores planteados y determinados como resultados. Nótese que la disponibilidad programada del equipo es baja, debido a relativamente bajo uso que tiene esta línea.

Se observa un 36,1% del tiempo improductivo en la línea, debido a distintas causas, siendo algunas de ellas posibles de ser disminuidas, mediante mejoras de diverso tipo. Tabla 3.

**Tabla 1. Resumen de tiempos por clases**

**Table 1. Summary of times by class**

Especie	Clase / Estrato	Partici - pación	N° Muestras	Promedios de tiempos, con Improductivo				Promedios de tiempos, sin Improductivo			
				T1 (s)	T2 (s)	TOTAL (s)	Promedio Pond (s)	T 1 (s)	T 2 (s)	TOTAL (s)	Promedio Pond (s)
Pinus spp-2,8	1	36,5 %	498	11,25	21,15	32,40	11,83	9,19	13,71	22,90	8,36
Pinus spp-3,2 mm.-2,6 m.	3	25,5 %	458	11,38	20,46	31,83	8,12	8,29	10,90	19,19	4,90
Eucalyptus spp-2,8 mm.-2,6 m.	5	20,7 %	131	11,45	21,69	33,13	6,86	9,07	14,33	23,40	4,85
Pinus spp-3,2 mm.-1,75 m.	2	9,6%	92	13,11	12,52	25,64	2,46	8,32	10,73	19,05	1,83
Eucalyptus spp-3,2 mm.-2,3 m.	4	7,6%	130	10,24	34,49	44,73	3,42	8,87	11,49	20,36	1,56
Promedio		100,0 %	1308	11,49	22,06		32,70	8,75	12,23		21,49

**Tabla 2. Resumen de capacidad de planta****Table 2. Summary of plant capacity**

Horas turno (hs)	6,6
Turnos día	1,0
N° de días de la semana de trabajo	3,8
Mantenimiento por semana	1,0
Días de la semana	7
Hs/día	24
Semanas al mes	4,4
Productividad real (trozas/h)	110,1
Productividad de diseño (trozas/h)	191,5
Tiempo programado (hs/semana)	24,9
Tiempo disponible real (hs)	161,4
Tiempo de periodo (hs)	168
Capacidad instalada teórica	32170
Capacidad instalada real	30913
Capacidad instalada programada	4761
Disponibilidad programada	15%
Mantenimiento	4%
Factor de uso	63,9 %
Factor de ritmo	90,0 %
Factor Operacional	57,5%

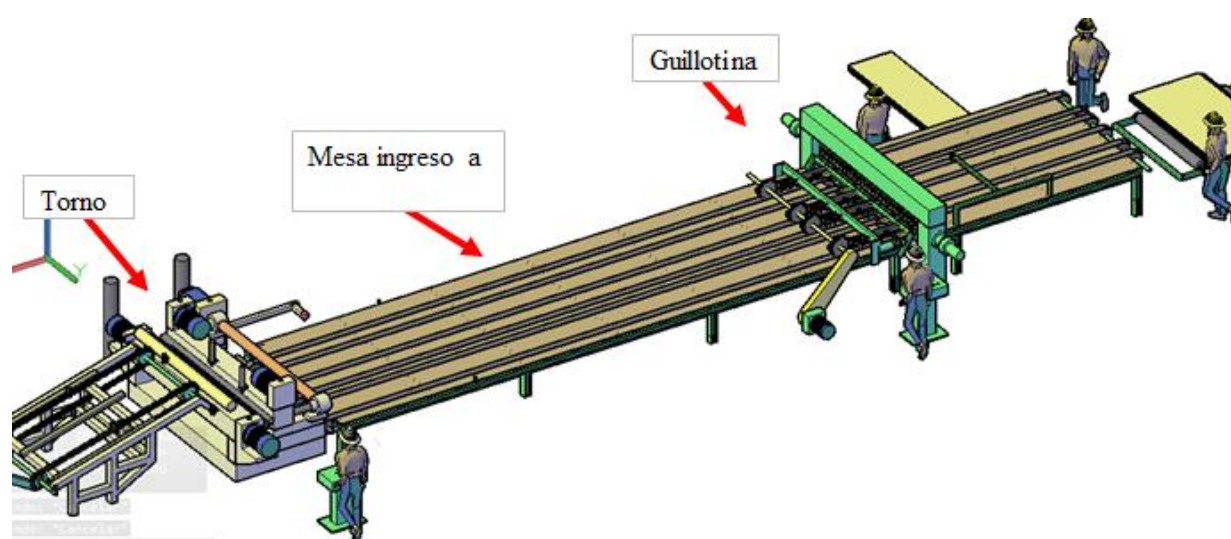
**Tabla 3. Resumen de improductivos.****Table 3. Summary of donwntimes.**

Improductivo Actual	
Parada Extra	15,3%
Atascamiento de lámina en guillotina	9,6%
Atascamientos de meollos	5,3%
Atascamiento en mesa de ingreso a guillotina	2,0%
Atascamientos en salida de lámina del torno	3,8%
Total	36,1%

### Resultados de propuestas de mejoras

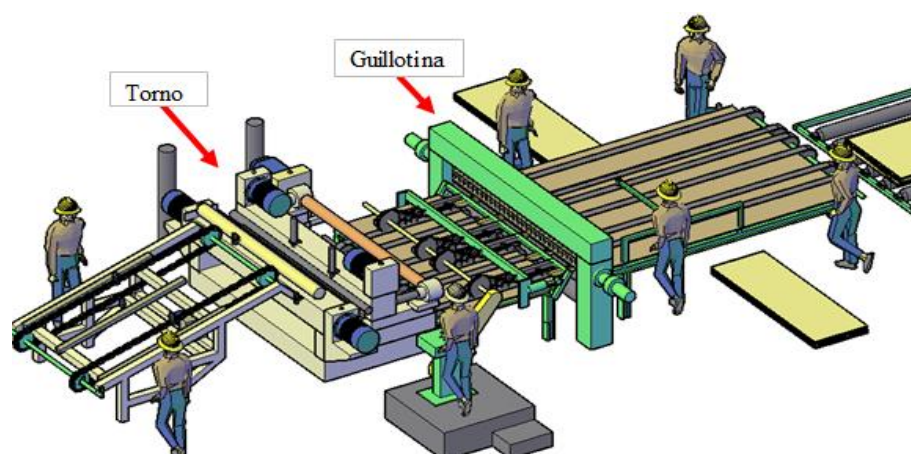
Como resultado del estudio del proceso, diagnóstico, y sus principales causas; se plantearon 11 mejoras para la disminución de tiempos improductivos: Atascamiento en ingreso de trozas y descarga de meollos en el torno, Atascamiento en descarga de lámina del torno, atascamiento en guillotina, Atascamiento en mesa de ingreso a guillotina, entre otras. Se plantearon y diseñaron alternativas de soluciones como la automatización de operaciones. A modo de ejemplo, solo se presenta dos en la figura 1 y 2, imagen 1 y figura 3 (PELUSO y SEEWALD, 2015; MINOLI, 2016).

Aplicando la modificación de la Fig. 2 trae como beneficio la posibilidad de que torno debobinador y la guillotina sea operado por un solo operario, reduciendo de esta manera los costos de producción de la lámina.

**Figura 1. Mesa de ingreso a guillotina actual. La distancia entre el torno y la guillotina es superior a 10 m**

**Figure 1. Current clipper feeding table. The distance between the spindleless lathe and the clipper is greater than 10 m**

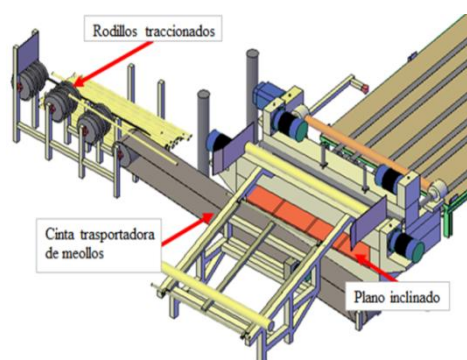




**Figura 2. Propuesta de mesa de entrada a la guillotina de 2 m.**  
**Figure 2. Proposal of 2 m feeding table to clipper.**



**Imagen 1: Operario retirando manualmente meollos atascados uno a uno, así como los residuos del torno.**  
**Image 1: Operator manually removing cores one by one and veneer waste**



**Figura 3: Mecanización de extracción y estibado de meollos, mediante cinta transportadora**  
**Figure 3: Mechanization of outfeeding and stowage of cores, by belt**

### Resultados de la Valorización de oportunidades

Con un aumento estimado del 21,3 % de la producción, generado al reducir los tiempos

improductivos, produjo una disminución de los costos de producción por m<sup>3</sup> de lámina verde para relleno (Tablas 4 y 5).

**Tabla 4. Oportunidad por disminución de tiempo improductivo.**  
**Table 4. Opportunity by reducing downtimes.**

	Extras	Atascamiento guillotina	Atascamiento Meollo	Atascamiento Mesa	Atascamiento Descarga	total
% mejora esperada en producción	6,00	6,20	3,30	2,20	3,60	21,30
Volumen de mejora esperada m <sup>3</sup>	18,16	18,77	9,99	6,66	10,90	64,48
valor de lámina \$/m <sup>3</sup>	1.014	1.014	1.014	1.014	1.014	
oportunidades \$/mes	18.421	19.035	10.131	6.754	11.052	65.396
oportunidades \$/año	221.058	228.427	121.528	81.055	132.635	784.757

\* Los datos para los cálculos de los costos fueron cedidos por la empresa

**Tabla 5. Costos producción con situación actual y mejorada con la reducción de improductivos**  
**Table 5. Production costs with current situation and improved with the reduction of downtime**

	Actual	Mejorada
Horas trabajo / m <sup>3</sup> lamina	0,359	0,297
Costo directo mano obra (\$/m <sup>3</sup> lamina)	109,30	90,20
Costo contribuciones y premios (\$/m <sup>3</sup> lamina)	51,92	42,84
Costo energía (\$/m <sup>3</sup> lamina)	10,42	8,60
Costo mantenimiento (\$/m <sup>3</sup> )	31,52	26,01
Costo materia prima (\$/m <sup>3</sup> lamina)	317,83	317,83
Costo EPP-Indumentaria (\$/m <sup>3</sup> lamina)	2,64	2,18
Costo administrativo (\$/m <sup>3</sup> lamina)	92,41	76,26
Costo uso equipos móviles	59,41	59,41
Costo uso espacio (\$/m <sup>3</sup> )	0,74	0,61
Total (\$)	676,55	624,24
Diferencia de costos \$/mes		15.815,4
Diferencia de costos \$/año		190.217,4

### Resultados del análisis económico de las mejoras y automatizaciones planteadas.

Se presenta los resultados del análisis del impacto que tuvieron en los costos de producción de la línea las diferentes mejoras planteadas para la automatización de operaciones (llamadas mejora #1 a #4 en Tabla 6), y de esta manera se pudo estimar la reducción del costo total por m<sup>3</sup> de lámina verde para relleno producida, por causa ya que las mismas son independientes. Dada la responsabilidad de decidir una inversión, se trabajó profundamente cada mejora, mediante diseño y dibujo 3D y se estableció que no todas las mejoras se implementarían en forma inmediata, sino en forma gradual

**Tabla 6. Análisis de costos situación actual y mejoras plantadas individuales**  
**Table 6. Cost analysis of current situation and individual planted improvements**

	Inicial	Mesa de entrada Mejora #1	Extracción meollos Mejora #2	Evacuación de laminas Mejora #3	Reforma guillotina Mejora #4
Horas trabajo/m <sup>3</sup> lamina	0,36	0,36	0,36	0,36	0,36
Costo directo mano obra (\$/m <sup>3</sup> )	109,30	96,12	96,12	96,12	94,19
Costo contribuciones+ premios (\$/m <sup>3</sup> )	51,92	45,66	45,66	45,66	43,04
Costo energía (\$/m <sup>3</sup> )	10,42	11,47	11,05	11,05	10,42
Costo mantenimiento (\$/m <sup>3</sup> )	31,52	33,00	33,00	33,00	31,52
Costo materia prima (\$/m <sup>3</sup> )	317,83	317,83	317,83	317,83	317,83
Costo EPP-indumentaria (\$/m <sup>3</sup> )	2,64	2,31	2,31	2,31	2,31
Costo administrativo (\$/m <sup>3</sup> )	92,41	92,41	92,41	92,41	92,41
Costo uso equipos móviles (\$/m <sup>3</sup> )	59,41	59,41	59,41	59,41	59,41
Costo uso espacio (\$/m <sup>3</sup> )	0,74	0,74	0,76	0,78	0,63
<b>TOTAL (\$/m<sup>3</sup>)</b>	<b>676,19</b>	<b>658,95</b>	<b>658,55</b>	<b>658,93</b>	<b>652,12</b>
Proporción	100%	97%	97%	97%	96%
Diferencia en pesos argentinos (\$)		17,25	17,64	17,27	24,07
pesos argentinos / mes		5.225,4	5.345,0	5.231,6	7.293,00
pesos argentinos /año		62.704,8	64.139,7	62.778,9	87.515,4
Años recupero \$162.000 mejora #1		2,6			
Años recupero \$80.000 mejora #2			1,2		
Años recupero \$70.000 mejora #3				1,1	
Años recupero \$10.000 mejora #4					0,1

## CONCLUSIONES

A raíz de los resultados alcanzados, se concluye que es factible alcanzar mejoras en los indicadores del proceso por medio de la implementación de los distintos cambios propuestos. Mediante la instalación de las automatizaciones de las operaciones, se reducirían en un 11,4% los costos de producción del m<sup>3</sup> de lámina verde utilizada para relleno de los tableros que actualmente es de 676,20 \$/m<sup>3</sup>, impactando de manera positiva en la rentabilidad del sector y cubriendo en bajos periodos de tiempo las amortizaciones de la inversión de las propuestas. Además proporcionan la oportunidad de mejorar las condiciones de seguridad laboral en la línea y reducir los esfuerzos físicos en las operaciones actuales. Con la reducción de los tiempos improductivos identificados, actualmente del 36,1% del tiempo total de trabajo, a valores del 14,8%, se logra una reducción del 21,3%. Esto no solo incrementa la productividad del sector de 2,8 m<sup>3</sup>/hora a 3,4 m<sup>3</sup>/hora, además que permitiría aumentar la producción promedio de 303 m<sup>3</sup> por mes a 367,5 m<sup>3</sup> con la misma cantidad de horas trabajadas, generando las correspondientes ventajas económicas y la reducción de un 7,7% de los costos productivos por m<sup>3</sup> de lámina.

## BIBLIOGRAFÍA

ABRAHAM, C. J. 2008. *Manual de tiempos y movimientos*. Limusa. Mexico. 156 pp.

FAGA, H.A.; MEJIA RAMOS, M.E. 2006. *Cómo conocer y manejar sus costos para tomar decisiones rentables*. Ediciones Granica. Buenos Aires. Segunda edición. 116 pp.

FAO 2014. Forestal Producción y Comercio. En: <http://faostat3.fao.org/download/F/FO/S>, consultado el 10 de Agosto 2015.

HAMMER, M. y CHAMPY, J. 1994. *Re-Engineering the corporation*. 1993, Harper. NY

KANAWATY, G. 1996. *Introducción al estudio del trabajo*. Oficina internacional del trabajo. Ginebra. Cuarta edición. 522 pp.

MALLORQUÍN, J.D.O. 2012. *Valorización de oportunidades futuras en la industria de la madera aserrada*. Tesis de grado. Facultad de Ciencias Forestales. Universidad Nacional de Misiones. Misiones. 22 pp.

MINOLI, R.(2016). Mejoras en la productividad y menor costo en una de fábrica tableros Compensados-Asora Revista N° 123 Año 21. ISSN 0328-8803.

Disponible en internet:  
<http://www.asorarevista.com.ar/p32->

MOCHON, F.; BEKER, V.A. 2008. *Economía. Principios y aplicaciones*. McGraw-Hill Interamericana. D.F. México. 619 pp.

SEEWALD, D.; PELUSO, J.; 2015. Estudio de re-ingeniería en una línea de recuperación de meollos, en la industria de tableros compensados. Tesis de Grado. Facultad de Ciencias Forestales-UNaM

# EFECTO GENOTIPO Y MANEJO DE LA PLANTA MADRE EN LA CAPACIDAD DE ENRAIZAMIENTO PARA PROPAGACIÓN DE *Cedrela fissilis* (CEDRO MISIONERO)

GENOTYPE AND STOCK PLANT MANAGEMENT EFFECT ON ROOTING PROPAGATION OF *Cedrela fissilis* (CEDRO MISIONERO) EFFECT

Fecha de recepción: 24/10/2016 // Fecha de aceptación: 02/05/2017

**Carolina Ramírez**

Ingeniera Forestal - Facultad de Ciencias. Forestales-Universidad Nacional de Misiones.

**Sandra Patricia Rocha**

Ingeniera Forestal, Mgter.Docentes Facultad de Ciencias Forestales-Universidad Nacional de Misiones. Bertoni 124, Eldorado-Misiones. Email: procha910@gmail.com

## RESUMEN

*Cedrela fissilis* Vell. es una especie nativa que posee un alto valor comercial en la región, sin embargo, la explotación excesiva sumado a la susceptibilidad al ataque del barrenador *Hypsipyla grandella* Zeller, principal plaga de la especie, la ha colocado en riesgo de extinción. En este sentido, el desarrollo de técnicas de propagación vegetativa permitirá la disponibilidad de germoplasma local. En el presente trabajo se evaluó el efecto de cuatro genotipos de *Cedrela fissilis* con respecto a la capacidad de enraizamiento y la influencia del manejo de planta madre en la producción de brotes. En la primera cosecha (verano) de estacas, se observaron altos porcentajes de enraizamiento (80-100%), donde se observaron diferencias entre genotipos; en cuanto al efecto posición de la estaca no se observó diferencias significativas. En la segunda cosecha (invierno) de estacas, se obtuvieron porcentajes de enraizamiento entre 13 y 48 % y se comprobó que la mejor respuesta al enraizamiento se obtuvo en las estacas provenientes de las plantas criadas en invernáculo en comparación con las provenientes de las plantas criadas a pleno sol. En cuanto al manejo de planta madre se observaron mejores respuestas en la obtención de brotes en invernáculo.

**Palabras clave:** Estacas, brotes, ambiente, invernáculo.

## SUMMARY

*Cedrela fissilis* Vell. is has a high commercial value, however, the overexploitation of native species, and the susceptibility to *Hypsipyla grandella* Zeller, has placed it at risk of extinction. In this regard, the development of vegetative propagation techniques will allow the availability of local germplasm. In this paper, the effect of four genotypes of *Cedrela fissilis* on rooting capacity and the influence of stockplant management in the shoot production was evaluated. Rooting experiments were established under a completely randomized design (CRD) with factorial distribution of treatments. The results obtained in the first crop (summer), the cuttings showed high rooting capacity (80-100%), while no significant difference was observed regarding the location of cuttings in the shoot. In the second harvest (winter) of cuttings, the range of rooting capacity was between 13% and 48% and stock plants raised in greenhouse presented higher rooting capacity compared to those grown in full sun. Regarding the stockplant management, the best results for shoot production were observed in greenhouse.

**Key words:** Cuttings, buds, environment, greenhouse.



## INTRODUCCIÓN

*Cedrela fissilis* Vell (cedro) es un árbol del Orden Sapindales, Familia Meliáceas originario de las regiones tropicales de América, cuya distribución geográfica se extiende desde Centroamérica hasta la Argentina, donde se la puede encontrar dentro de la Selva Paranaense (GARTLAND *et al.*, 1990). Posee un alto valor comercial debido a la calidad y belleza de su madera motivo por el cual es muy usada en la elaboración de muebles finos (GARTLAND y BOHREN, 2006). Las selvas tropicales y subtropicales están disminuyendo a una tasa de alrededor de 13 millones de hectáreas por año, debido a cambio de uso del suelo y por causas naturales (FAO, 2010). La tala selectiva de especies maderables nativas, entre ellas *Cedrela fissilis*, ha llevado a la degradación de la selva misionera con la consecuente pérdida de la variabilidad genética de dichas especies. Este proceso de erosión genética, bien conocido y documentado en buena parte del mundo, es particularmente importante en los bosques tropicales y subtropicales, como la Selva Paranaense (NIELLA y ROCHA, 2003). Por otro lado, *Cedrela fissilis*, manifiesta susceptibilidad al ataque del barrenador *Hypsipyla grandella* Zeller, principal plaga de la especie (MAIOCCO *et al.*, 2008).

Por lo arriba expresado, la propagación vegetativa de *Cedrela fissilis* es una herramienta necesaria para programas de conservación y/o domesticación de la especie, y para la multiplicación de genotipos resistentes a *Hypsipyla grandella* Zeller.

Diferentes métodos de propagación vegetativa han sido probados en árboles forestales, mientras que el más difundido lo constituye el enraizamiento de estacas (GUTIÉRREZ *et al.*, 1994). Desde el punto de vista de la propagación vegetativa en cedro, se han empleado estacas juveniles, mini estacas, estacas de árboles adultos y cultivo in vitro (TARNOWSKI, 2003/2005). Estudios realizados por Aloisio Xavier *et al* 2003 demostraron que las miniestacas con hojas son el medio más adecuado para la propagación vegetativa de cedro rosado (*Cedrela fissilis*) a partir de material seminal, por lo que es una alternativa para la producción de plántulas de esta especie durante todo el año, especialmente en situaciones en que las semillas no están disponibles.

La respuesta diferencial de la propagación por estacas ha sido atribuida al genotipo y a factores tales como: edad de la estaca, grado de lignificación de la rama, presencia de hojas, aplicación de reguladores del crecimiento y época en que se recolectan, entre otros. A su vez, se deben considerar las condiciones ambientales de manejo de la planta madre y enraizamiento, como la humedad relativa, temperatura, luz y sustrato

(FERREIRA *et al.*, 2004; HARTMANN *et al.*, 2002; NIELLA y ROCHA 2016).

En el presente trabajo se evaluó el efecto de cuatro genotipos de *Cedrela fissilis* con respecto a la capacidad de enraizamiento y la influencia del manejo de planta madre en la producción de brotes y posterior enraizamiento de estacas en ausencia de reguladores de crecimiento.

## Hipotesis

No existen diferencias significativas entre los genotipos evaluados de *Cedrela fissilis*; El manejo de Planta Madre no tiene influencia en la producción de brotes y posterior enraizamiento de estacas.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El presente trabajo de investigación fue llevado a cabo en el Laboratorio de Propagación Vegetativa de la Facultad de Ciencias Forestales, ciudad de Eldorado, provincia de Misiones. El material vegetal utilizado fue obtenido de plantas de aproximadamente 18 meses de edad criados en macetas originadas de la propagación a partir de semillas, provenientes de polinización abierta proporcionadas por el Laboratorio de Semillas de la Facultad de Ciencias Forestales.

### Ensayos de enraizamiento:

Los ensayos de enraizamiento se realizaron en dos etapas:

1. Primera etapa corresponde a la cosecha de verano, donde los ensayos se establecieron con el material vegetal proveniente de los topping (porción apical de la planta) de *Cedrela fissilis*. Se efectuaron dos ensayos de enraizamiento:

a. Ensayo 1: con el fin de evaluar el efecto de los genotipos sobre la capacidad de enraizamiento, en el cual cada genotipo (cuatro) se correspondió a un tratamiento (4 tratamientos). El diseño experimental utilizado fue en bloques completos al azar, la unidad experimental fueron 10 estacas, dispuestas en dos filas de 5 estacas cada una, con cinco repeticiones por tratamientos. Las variables evaluadas en este ensayo fueron: presencia/ausencia de raíces, largo máximo de la raíz principal; número de raíces primarias (de primer orden), número de raíces secundarias (de segundo orden).

b. Ensayo 2: con el fin de evaluar el efecto de la posición de la estaca en el brote sobre la capacidad de enraizamiento, cuantificada a través del porcentaje de enraizamiento (%), en tal caso los tratamientos fueron dos: estaca apical y estaca basal. El ensayo se efectuó

bajo un diseño totalmente aleatorizado con 4 repeticiones, en este caso la unidad experimental es la fila de cinco estacas. Las variables evaluadas fueron las mismas que en el caso anterior.

2. Segunda etapa corresponde a la cosecha de invierno, en este caso el establecimiento del ensayo se efectuó a partir de los rebrotes de las plantas madres utilizadas en los primeros ensayos. El objetivo de este ensayo fue evaluar el efecto del manejo de la planta madres, en este caso el ambiente de cría y el tamaño de maceta, en el enraizamiento. Los tratamientos estudiados incluyeron ambiente (Invernáculo y Jardín de setos) y tamaño de maceta (1 l y ½ l), dando un total de cuatro tratamientos: T1: Invernáculo + maceta ½ l; T2: Invernáculo + maceta 1 l; T3: Jardín de setos (Pleno sol) + maceta 1 l; T4: Jardín de setos (pleno sol) + maceta ½ l. El ensayo se realizó bajo un Diseño Completamente Aleatorizado DCA, se estableció un total de cuatro bandejas. La unidad experimental, en este caso, son las estacas (20 repeticiones/tratamiento). Las variables medidas y evaluadas fueron las mismas que la de los ensayos de enraizamiento correspondientes al primer ciclo de cosecha.

Los ensayos de enraizamiento se realizaron en condiciones semicontroladas de humedad (riego por microaspersión) y temperatura (entre 20 y 35°C) en ausencia de reguladores de crecimiento. Se utilizaron estacas de 5-7 cm de longitud con las hojas cortadas a la mitad; registrándose el genotipo y/o la posición (apical o basal) del cual proviene cada estaca, de acuerdo al ensayo considerado. Una vez cortado, los rebrotes se colocaron las bases en agua, hasta su procesamiento. Posteriormente, cortando los rebrotes se homogeneizaron las estacas a su tamaño final y se colocaron sus bases en agua. Una vez procesadas e identificadas todas las estacas, sus bases fueron sumergidas en fungicida Zineb (20g/lit.) por un tiempo de 20 minutos. Luego las estacas fueron instaladas (a una profundidad de 1/3 de su longitud) en bandejas HIKO de 40 cavidades de 93 cm<sup>3</sup> cada una. El sustrato empleado fue corteza de pino tamizada + perlita a razón 3:1. La identificación de los diferentes tratamientos fue realizado con cucharitas plásticas.

### Ensayo manejo Minicepas (Planta Madre)

Simultáneamente, con el mismo material vegetal del que se obtuvieron las estacas utilizadas en el primer ensayo se instaló, el ensayo correspondiente al manejo de las plantas madres. Con el objetivo de maximizar la tasa de obtención de estacas, se sometieron las plantas madres a distintos tratamientos comparando la influencia de la intensidad lumínica, tamaños de maceta

y los genotipos. Los tratamientos incluyeron los 4 genotipos anteriormente evaluados, y dos ambientes: Invernáculo (con riego por microaspersión, media sombra de 75%, humedad promedio 70%) y Jardín de Setos a pleno sol (con riego por microaspersión, temperatura y humedad ambiente). En cada uno de los cuales se evaluaron el efecto tamaño de maceta: ½ l y un 1 l. El sustrato utilizado fue corteza de pino compostada, con aplicación de fertilizante de liberación lenta Plantacote Plus (3kg/m<sup>3</sup>) cada 6 meses. Teniendo en cuenta estos factores, los tratamientos fueron 16. Se utilizó un Diseño Completamente Aleatorizado, con una distribución factorial de los tratamientos (4 genotipos\*2ambientes\*2 tamaño de macetas=16 Tratamientos), con 10 repeticiones por tratamiento. Se definió cada Planta Madre o Minicepa como la unidad experimental. Las variables evaluadas a los 90 días de su instalación fueron: altura total de la planta y altura de los brotes para cada planta madre, realizando un conteo de la cantidad de estacas útiles que se podría obtener de cada planta madre considerando que las mismas deben tener un mínimo de 5 cm de longitud.

### Análisis estadístico de experimentos

Los promedios, coeficiente de variación y análisis de variancia, comparaciones entre medias (Test de TUKEY), para todos los ensayos se obtuvieron usando el programa para análisis estadístico INFOSAT (versión estudiantil). Para cada variable evaluada se realizó el análisis de varianza (ANOVA), en la cual se verificó el supuesto de normalidad (SHAPIRO-WILKS MODIFICADO). Para el caso de manejo de planta madre, se evaluó además la significancia de la interacción de los factores estudiados, y en aquellos donde resultó significativo se realizaron los contrastes apropiados. En los casos donde se rechazó el supuesto de distribución normal asociado a la prueba, se optó por un método de estadística no paramétrica para realizar el análisis de varianza: La prueba de Kruskal-Wallis.

## RESULTADOS Y DISCUSION

### Ensayos de Enraizamiento

#### 1. Primera etapa (cosecha de verano)

a. Ensayo 1: Los resultados obtenidos en la evaluación del efecto genotipo en las diferentes variables estudiadas, asociadas al enraizamiento de estacas, se resume en la tabla 1.

**Tabla 1. Efecto del genotipo en la producción media de raíces primarias y secundarias, longitud máxima de raíces primarias y capacidad de enraizamiento de *Cedrela fissilis*.**

**Table 1. Genotype effect on mean production of primary and secondary roots, maximum length of primary roots and rooting capacity of *Cedrela fissilis*.**

TRATAMIENTOS	VARIABLES	MEDIA	ERROR
G1	X LRP	5,72	1,3
	ENRAIZ	0,9	0,1
	XNRP	4,93	1,01
	XNRS	5,77	2,44
G2	X LRP	4,21	1,03
	ENRAIZ	1	0
	XNRP	6,84	1,06
	XNRS	4,46	1,34
G3	X LRP	4,01	1,48
	ENRAIZ	0,86	0,11
	XNRP	4,32	1,69
	XNRS	4,58	2,21
G4	X LRP	4,41	1,22
	ENRAIZ	0,8	0,12
	XNRP	4,42	0,36
	XNRS	4,36	1,56

\*ENRAIZ=proporción de la capacidad de enraizamiento; LRP: largo máximo de la raíz principal (cm); NRP: número de raíces primarias; NRS: número de raíces secundarias; G1: genotipo 1; G2: genotipo 2; G3: genotipo 3; G4: genotipo 4.

Los resultados del enraizamiento de estacas de los diferentes genotipos, indicaron diferencias estadísticamente no significativas para las variables largo máximo de raíz principal (p-valor=0,5621) y número de raíces secundarias (p-valor: 0,9223), sin embargo, para las variables porcentaje de enraizamiento y número de raíces primarias se observó diferencias estadísticamente significativas para los genotipos considerando un  $\alpha=0.05$  (p-valor=0,0271 y 0,0378 respectivamente). Para la variable porcentaje de enraizamiento se observó que varió de un máximo de 100 % de estacas enraizadas para el genotipo 2 hasta un mínimo de 80% correspondiente al genotipo 4. El Test de TUKEY, para comparación de medias, manifestó que las diferencias se encontraron en estos genotipos.

b. Ensayo 2: Los resultados obtenidos en la comparación del efecto de la posición de la estaca (apical o basal) en el enraizamiento, indicó diferencias estadísticamente no significativas para ninguna de las variables consideradas (p-valor $\geq$ 0,05), Tabla 2

**Tabla 2. Efecto de la posición de la estaca en la producción media de raíces primarias y secundarias, longitud máxima de raíces primarias y capacidad de enraizamiento de *Cedrela fissilis* para todos los genotipos.**

**Table 2. Cutting position on mean production of primary and secondary roots, maximum length of primary roots and rooting capacity of *Cedrela fissilis* for all genotypes.**

POSICION	VARIABLE*	MEDIA	EE	MIN	MAX
APICAL	ENRAIZ	0,85	0,19	0,6	1
	LRP	3,88	0,99	3	5,3
	NRP	4	1,81	2	6
	NRS	3	0,89	2	4
BASAL	ENRAIZ	0,80	0,16	0,6	1
	LRP	3,03	1,04	2,1	4,5
	NRP	3	1,98	1	5
	NRS	1	1,23	0	3

\*ENRAIZ=proporción de la capacidad de enraizamiento; LRP: largo máximo de la raíz principal (cm); NRP: número de raíces primarias; NRS: número de raíces secundarias; EE: error estándar; MIN: mínimo; MAX: máximo.

#### 2. Segunda etapa (cosecha de invierno)

Para el análisis de los datos tomados durante la segunda etapa correspondiente a cosechas de invierno, se evaluó el efecto del Manejo de la Planta Madre en el enraizamiento, se utilizó la prueba de KruskalWalls dado que el supuesto de normalidad no se cumplía para el análisis de varianza (tabla 3). Los resultados mostraron diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos SET 1 1 (pleno sol en macetas de 1 litro) e INV ½ 1 (Invernáculo en macetas de medio litro) para todas las variables analizadas. Así, la respuesta en el enraizamiento fue menor en el caso del tratamiento SET 1 1 y mayor para INV ½ 1 sin diferencias significativas con respecto a los demás tratamientos.

**Tabla 3. Prueba de KruskalWallis, para evaluación tamaño de maceta y ambiente en las variables del enraizamiento de *Cedrela fissilis*.**

**Table 3. Kruskal Wallis test for evaluation pot size and environment variables rooting *Cedrela fissilis*.**

Variable*	Tratamiento*	N	Media	DE	H	P
Enraizamiento	INV 1 l	40	0,23	0,42	9,76	0,0004
	INV ½ l	40	0,48	0,51		
	SET 1 l	40	0,13	0,33		
	SET ½ l	40	0,3	0,33		
Largo máx RP	INV 1 l	40	1,19	2,01	10,82	0,0004
	INV ½ l	40	1,63	2,21		
	SET 1 l	40	0,38	1,43		
	SET ½ l	40	0,3	1,07		
Num de RP	INV 1 l	40	1,3	2,5	9,94	0,0005
	INV ½ l	40	1,2	1,56		
	SET 1 l	40	0,25	0,74		
	SET ½ l	40	0,28	0,96		
Num de RS	INV 1 l	40	0,93	1,89	6,21	0,0022
	INV ½ l	40	1,7	2,87		
	SET 1 l	40	0,13	0,65		
	SET ½ l	40	0,4	1,5		

\*Variables: Enraizamiento (proporción); Largo máx RP (cm): largo máximo de la raíz principal; Num de RP: Número de raíces primarias; Num de RS: Número de raíces secundarias.

\*Tratamiento: INV 1 l: Ambiente Invernáculo maceta 1 litro; INV ½ l: Ambiente Invernáculo maceta medio litro; SET 1l: Ambiente setos maceta 1 litro; SET ½ l: Ambiente setos maceta medio litro.

N: Tamaño muestral, Número de estacas; DE: Desvío estándar; H: estadístico de la prueba Kruskal Wallis; P: valor p asociado

### Ensayo manejo Minicepas (Planta Madre)

En los ensayos donde se estudió el efecto en la producción de estacas bajo distintas modalidades de

manejo de la planta madre se observó diferencias estadísticamente entre los tratamientos realizados, los valores promedios de las variables analizadas se encuentran resumidos en la tabla 4.



**Tabla4. Resumen con valores medios, máximos y mínimos para la producción de estacas, altura total de plantas y de brotes de *Cedrela fissilis*.****Table 4. Summary of mean, maximum and minimum cuttings production, total height of plants and buds of *Cedrela fissilis*.**

Tamaño maceta	Ambiente*	Variable	N	Media	DE	Min	Max
½ lt	INV	N°estacas	33	3,06	0,34	0	8
		HB	33	20,89	1,68	6	48
		HT	33	25,88	1,69	10	52
	SET	N°estacas	34	1,29	0,22	0	4
		HB	34	9,82	1,08	0	22
		HT	34	16,32	1,23	3	32
1 lt	INV	N°estacas	37	2,03	0,27	0	5
		HB	37	15,96	1,9	0	38
		HT	37	21,59	1,87	2	43
	SET	N°estacas	35	1,49	0,19	0	4
		HB	36	10,92	1,04	0	28
		HT	36	16,42	1,19	3	30

\*INV: Invernáculo; SET: Setos; ½ l: Maceta medio litro; 1lt: maceta 1 l; N° estacas: número de estacas; HB (cm): Altura del brote; HT: Altura total (cm); N: Número de repeticiones; EE: error estándar; Min: mínimo; Max: máximo.

**Tabla5. Resumen con los *p*-valor para cada tratamiento aplicado****Table 5. Summary with the *p*-value for each treatment applied**

Fuente de variación	p-valor		
	Altura total	Altura del brote	Número de estacas
TAM MACETA	0,0769	0,0568	0,0695
AMBIENTE	≤0,0001	≤0,0001	≤0,0001
GENOTIPO	0,0677	<b>0,0034</b>	<b>0,0014</b>
TM *AMB	0,146	<b>0,0216</b>	0,4778
TM*GENOTIPO	0,1998	0,1142	0,0544
AMB*GENOTIPO	<b>0,00034</b>	<b>0,0033</b>	<b>0,0218</b>
TM*AMB*GEN	0,6875	0,4794	<b>0,0053</b>

Se observó interacción entre algunos de los factores estudiados, por tanto, se realizaron los contrastes apropiados. En la Tabla 6 se exponen solo aquellos contrastes que resultaron significativos. La interacción Genotipo\* Ambiente resultó significativa para las tres variables bajo estudio, indicando que el factor genotipo se comporta diferente de acuerdo al ambiente. Por lo tanto se analizó el comportamiento del genotipo en cada ambiente por separado. Se plantearon tres contrastes para cada ambiente, los mismos resultaron significativos solamente para el ambiente

invernáculo (Tabla 6) donde el Genotipo 4 supera significativamente a los demás. Ninguno de los demás contrastes resultó significativo. De la misma manera, como la interacción ambiente\*tamaño de maceta resultó significativa para la variable altura del brote se asume que el factor tamaño de maceta se comporta distinto en los dos ambientes. Se plantearon los contrastes entre los dos tamaños de macetas y el mismo resultado significativo en el caso del ambiente invernáculo, no así, en el ambiente setos.

**Tabla 6. Resumen con los contrastes que resultaron significativos en los casos donde se observó interacción entre los factores.****Table 6. Summary with contrasts that were significant in cases where interaction between factors was observed**

Variable	Interacción	Contraste	p-valor
Altura total	Genotipo*Ambiente	INV G1+G2+G3 vs G4	0,0001
Altura del Brote	Ambiente *tamaño de maceta	INV MAC 1/2 L vs MAC 1L	0,023
	Genotipo*Ambiente	INV G1+G2+G3 vs G4	≤0,0001
Número de estacas	Genotipo*Ambiente	INV G1+G2+G3 vs G4	≤0,0001
		INV G2 vs G1	0,0021

## DISCUSIÓN

### Enraizamiento

Los resultados obtenidos en el primer ensayo donde se evaluó la influencia del genotipo en el enraizamiento muestran altos porcentajes de enraizamiento para la especie en los cuatro genotipos evaluados por lo que se puede considerar que los cuatro genotipos poseen potencialidad en la producción por estacas. Por otro lado, en el ensayo en el que se probó la influencia en la posición de la estaca (apical-basal) no se observaron diferencias estadísticamente significativas para ninguna de las variables, con este resultado se podría considerar dicho factor como irrelevante para propagar la especie, posibilitando el uso de todo el brote para el enraizamiento de estacas. En el segundo ensayo de enraizamiento se comprobó la mejor respuesta al enraizamiento de las estacas provenientes de las plantas criadas en invernáculo en comparación con las provenientes de las plantas criadas a pleno sol, estas diferencias pueden estar asociadas a auxinas endógenas (ácido índole acético AIA) de la estaca, puesto que las mismas son sensibles a la luz y a las altas temperaturas (ROCHA y NIELLA, 2013); . En cuanto a los tamaños de macetas utilizados ( $1/2$  l y 1 l) no se observó dicho factor relevante. Por otro lado, se observa que la tasa de enraizamiento para la primera cosecha de estacas de topplings resultaron significativamente mayores (80-100%) en comparación con los porcentajes obtenidos en la segunda cosecha de los rebrotes (13-48%). En contraposición con lo observado por HASSANEI(2013), en nuestro estudio, la posición de la estaca en el brote no afectó la capacidad de enraizamiento de *Cedrela fissilis* y, por otro lado, considerando que al decapitar las plantas madres se induce al rejuvenecimiento de los brotes que se producen se descartaría las diferencias en edad fisiológica de las estacas utilizadas en las dos épocas de cosechas, por lo tanto, se podría hipotetizar que éstas diferencias se atribuyen a la época de cosecha de las estacas y el momento de su enraizamiento. Esta respuesta estacional coincide con lo observado en otras especies como es el caso de *Triplochiton scleroxylon* (LEAKY, 2015); *Corymbia citriodora* y *Eucalyptus dunnii* (TRUEMAN, MCMAHON y BRISTOW, 2013).

### Manejo de la planta madre

El análisis de los resultados provenientes del manejo de plantas madres de *Cedrela fissilis* permite indicar que la producción de brotes totales es afectada por los tratamientos empleados. Para todas las variables analizadas se observó mejores respuestas en invernáculo comprobando la importancia del ambiente en el crecimiento y vigor de las plantas y en la evaluación de los genotipos se probó la superioridad del genotipo 4 en todas las variables. LEAKEY y STORETON-WEST (1992), encontraron una relación positiva entre fotosíntesis y capacidad de enraizamiento, cuando las plantas madres de *Triplochiton scleroxylon* eran criadas en condiciones a baja intensidad lumínica, condiciones similares a las de invernáculo donde fueron cultivadas las plantas madres de *Cedrela fissilis* del presente trabajo. Resultados similares fueron obtenidos por APINE y KONDRATOVIČS (2005) quien observó que el manejo de planta madre afectaba significativamente el nivel inicial de azúcar y carbohidratos en estacas de azalea, obteniendo niveles más altos en las plantas criadas en condiciones de invernáculo.

Por otro lado, la interacción de los factores demostró que algunos genotipos se podrían comportar distinto en cada ambiente, como fue el caso del mejor comportamiento del Genotipo 4 en el ambiente invernáculo, indicando que en el caso de trabajar con diferentes genotipos, será necesario evaluar su respuesta bajo diferentes ambientes de cría de la planta madre para potenciar su producción.



a. Estaca tipo de *Cedrela fissilis* enraizada



b. Plantín de *Cedrela fissilis* logrado a partir de la estaca enraizada

**Figura 1. Estaca enraizada y plantín logrado de *Cedrela fissilis*.**

**Figure 1. *Cedrela fissilis* rooted cutting and plantlet derived from it.**

## CONCLUSIONES

Los resultados alcanzados en los diferentes ensayos permitieron demostrar la viabilidad de la especie *Cedrela fissilis* en la producción de brotes para su posterior enraizamiento sin la utilización de reguladores de crecimiento. Para los tratamientos de manejo de planta madre se determinó que la cría de las mismas bajo media sombra produce brotes de mayor longitud y con mejor capacidad para el enraizamiento. En relación al genotipo, si bien un solo genotipo de los cuatro estudiados demostró diferencias significativas, se podría concluir que es necesario continuar con estudios donde se evalúe el efecto del genotipo en la capacidad de enraizamiento de *Cedrela fissilis*. Se comprobó que las estacas provenientes de plantas madres criadas en invernáculo y en macetas de medio litro producen mejores estacas en calidad y cantidad para el enraizamiento convirtiéndose en una alternativa viable para manejo de planta madre. Estos resultados aportan conocimientos en cuanto a la propagación de la especie pudiendo formar parte de una estrategia integral para lograr su conservación y domesticación, teniendo en cuenta la baja superficie plantada debido al ataque del patógeno *Hypsipyla grandella* Zeller.

## BIBLIOGRAFIA

APINE I. y KONDRATOVIČS U. 2005. Effect of environmental factors on the propagation of deciduous azalea by cuttings. I. Influence of stock plant management on rooting and carbohydrate status. Acta Universitatis Latviensis. Vol. 691, Biology, pp. 31–40.

EIBL, B.; Silva F.; Bobadilla, A.; Ottenweller, G. 2004. Germinación y sobrevivencia de plántulas de *Cedrela fissilis* en el banco de semillas; Novenas Jornadas Técnicas Forestales. INTA-FCF-MEYRNRYT. Eldorado, Misiones, Argentina.

GARTLAND, H; Bohren, A; Muñoz, D; Ottenweller, G. 1990. Descripción y reconocimiento de las principales especies forestales de la selva misionera en el estado de plántula (primera entrega) *Yvyrareta* 1 (1) 5-28

GARTLAND, H; Bohren, A. 2006. Apuntes de Dendrología Parte II. Facultad de Ciencias Forestales, UNaM, Eldorado, Misiones. Pp 198.

FAO. 2010. Evaluación de los recursos forestales mundiales 2010. 343 pp. (Disponible en [www.fao.org/docrep/013/i1757e/i1757e00.htm](http://www.fao.org/docrep/013/i1757e/i1757e00.htm)).

FERREIRA, E. M.; Alfenas, A. C.; Mafia, R. G.; Leite, H. G.; Sartorio, R. C.; Penchel Filho, R. M. 2004. Determination of the optimum time for rooting of mini-cuttings of *Eucalyptus* spp. clones. *Revista Árvore*, v. 28, n. 2, p. 183-187.

GUTIÉRREZ, B; Ipinza, R; Chung, P. 1994. Propagación vegetativa y silvicultura clonal en eucaliptos. *Ciencia e Investigación Forestal* 8(1):139-175.

HARTMANN, H. T.; Kester, D. E.; Davies Júnior, F. T.; Geneve, R. L. 2002. Plant propagation: principles and practices. 7th Ed. New Jersey: Prentice Hall.

HASSANEIN, A.2013. Factors Influencing Plant Propagation Efficiency Via Stem Cuttings. Journal of Horticultural Science & Ornamental Plants 5 (3): 171-176.

LEAKEY, R. 2015. Stockplant factors affecting root initiation in cuttings of *Triplochitonscleroxylon* K. Schum., an indigenous hardwood of West Africa. Journal of Horticultural Science Volume 58 1983 - Issue 2. Pages 277-290. Published online: 27 Nov 2015.

LEAKEY R. y Storeton-west R. 1992. The rooting ability of *Triplochitonscleroxylon* cuttings: the interactions between stockplant irradiance, light quality and nutrients. Forest Ecology and Management. Volume 49, Issues 1–2: 133-150.

MAIOCCO D.; STehr, A; Agostini, J.; Heck, J; Mendoza Padilla, M. 2008. Ensayos de control cultural y químico del barrenador (*Hypsiphyla grandella*) en plantaciones de cedro misionero (*Cedrela fissilis*). Publicado en las actas de las XIII Jornadas técnicas Forestales y Ambientales 5-7 de junio de 2008. Eldorado, Misiones.

NIELLA, F; Rocha, P. 2003. Desarrollo de técnicas de macropropagación para: *Araucaria angustifolia* (bertol.), *Myrocarpus frondosus*, y *Balfaroudendron redelianum* (Engl). Décimas Jornadas Técnicas Forestales y Ambientales - Facultad de Ciencias Forestales -UNaM- EEA Montecarlo -INTA- Eldorado, Misiones, Argentina.

NIELLA, F. y Rocha, P. 2013. Desarrollo y transferencia de un método para la macropropagación de *Pinus taeda* y *Pinus elliottii* x *caribaea*. Laboratorio de Propagación Vegetativa de la Facultad de Ciencias Forestales UNaM. El Dorado Misiones

NIELLA, F. y Rocha P. 2016. Integrating low cost vegetative propagation techniques with a domestication and conservation strategy for multipurpose native species of Misiones, Argentina.. Argentina. La Plata. 2016. Book of Abstracts.. 4th International Conference of the IUFRO. Working Party 2.09.02: Somatic Embryogenesis and Other Vegetative Propagation Technologies. IUFRO

TARNOWSKI C. G; DEL Castillo E.M. 2003/2005. Ensayo de enraizamiento de estacas foliadas de distintas especies de Cedro. Proyecto de Beca: “Propagación Agámica de Especies Forestales de Alto Valor” Sede: INTA – Estación Experimental de Cultivos Tropicales Yuto Centro Regional Salta – Jujuy.

TRUEMAN S., McMahon T. y Bristow M. 2013. Production of cuttings in response to stock plant temperature in the subtropical eucalypts, *Corymbiacitriodora* and *Eucalyptus dunnii*. New Forests. Volume 44, Issue 2, pp 265–279.

XAVIER, A., Santos, G. D., Oliveira, M. D. 2003. Enraizamento de miniestaca caulinar e foliar na propagação vegetativa de cedro-rosa (*Cedrela fissilis* Vell.). Revista Árvore, 27(3), 351-356.



# ÁRBOLES: UN SERVICIO DE LIMPIEZA EN LAS CIUDADES

## TREES: CLEANING SERVICE IN CITIES

Fecha de recepción: 02/10/2016 // Fecha de aceptación: 02/05/2017

### RESUMEN

Los árboles constituyen un elemento viable para mitigar la contaminación ambiental en ecosistemas urbanos. Se recogieron muestras de hojas de nueve especies de árboles urbanos de Bahía Blanca (Argentina) para evaluar su capacidad de retención de material particulado sedimentable (MPS) atmosférico. Se establecieron cuatro puntos de muestreo: parque, plaza central y dos zonas residenciales. Las muestras se tomaron durante los años 2012 y 2013 en primavera, verano y otoño. La metodología para determinar el MPS en la superficie de las hojas incluyó lixiviación y gravimetría. No se hallaron diferencias entre los diferentes puntos ( $p = 0,45$ ), pero sí entre estaciones del año ( $p < 0,05$ ) y entre especies ( $p < 0,05$ ). Las interacciones entre especies-punto de muestreo ( $p < 0,001$ ) y estación-especie ( $p < 0,05$ ) fueron significativas. Las coníferas concentraron más MPS en su follaje. *P. halepensis* tuvo la mayor acumulación de MPS por unidad de área foliar ( $0,35 \text{ mg/cm}^2$ ) y *F. americana* la más baja ( $0,07 \text{ mg/cm}^2$ ). En las zonas residenciales se registró deposición promedio de MPS más alta ( $2,34 \text{ mg/cm}^2$ ) que en las zonas verdes (parque y plaza,  $1,70 \text{ mg/cm}^2$ ). El mes de mayor deposición fue Enero ( $0,40 \text{ mg/cm}^2$ ). Los resultados proporcionan información para identificar el potencial de diferentes especies en las estrategias de planificación forestal urbana con el objetivo de reducir la contaminación atmosférica.

**Palabras clave:** Arbolado urbano, contaminación atmosférica, material particulado sedimentable, fitoremediación.

### SUMMARY

Trees constitute a viable element to mitigate environmental pollution in urban ecosystems. Leaf samples of nine species of urban trees of Bahia Blanca – Argentina – were collected to assess their capacity retention of atmospheric settleable particulate matter (SPM). Four sampling points were established park, central square and two residential neighborhoods. The samples were taken during the years 2012 and 2013 in spring, summer and autumn. The methodology to determine the MPS on the surface of the leaves included leaching and gravimetry. No differences between different points ( $p = 0.45$ ) but between seasons ( $p < 0.05$ ) and between species ( $p < 0.05$ ). The interactions between species-points ( $p < 0.001$ ) and seasons-species ( $p < 0.05$ ) were significant. Conifers concentrated more MPS on its foliage. *Pinus halepensis* had the highest accumulation of MPS per unit leaf area ( $0.35 \text{ mg cm}^{-2}$ ) and *Fraxinus americana* the lowest ( $0.07 \text{ mg cm}^{-2}$ ). In the neighborhoods, foliage recorded higher average deposition MPS ( $2.34 \text{ mg cm}^{-2}$ ) than in green areas (park and square,  $1.70 \text{ mg cm}^{-2}$ ). The month with the highest deposition was in January ( $0.40 \text{ mg cm}^{-2}$ ). The results provide information to identify the potential of different tree species in urban environmental planning and mitigation strategies of air pollution.

**Key Words:** urban trees, air pollution, settleable particulate matter, phytoremediation.

#### Luis Alberto Caro

Ingeniero Agrónomo,  
Departamento de Agronomía,  
Universidad Nacional del Sur; Av.  
de los Constituyentes 800 - 8000  
Bahía Blanca Argentina,  
lcaro@uns.edu.ar

#### Ignacio Javier Fanna

Ingeniero Agrónomo,  
Departamento de Agronomía,  
Universidad Nacional del Sur; Av.  
de los Constituyentes 800 - 8000  
Bahía Blanca Argentina

#### Edith Cristina Pitsch

Ingeniero Forestal, Facultad de  
Ciencias Forestales – Universidad  
Nacional de Misiones.

#### Sergio Daniel Vega

Licenciado en Química, Comité  
Técnico Ejecutivo – Municipalidad  
de Bahía Blanca.

#### Marcelo Tomas Pereyra

Químico, Departamento de  
Química – Universidad Nacional  
del Sur.

#### Luis Francisco Hernández

Ingeniero Agrónomo, Comisión de  
Investigaciones Científicas (CIC)  
Provincia Buenos Aires.  
Departamento de Agronomía,  
Universidad Nacional del Sur; Av.  
de los Constituyentes 800 - 8000  
Bahía Blanca Argentina

## INTRODUCCION

El aire en los ecosistemas urbanos se encuentra impregnado de partículas contaminantes que han sido definidas como PM10 y PM2,5, por el tamaño de partículas con un diámetro aerodinámico menor a 10 micras y 2,5 micras, respectivamente, y que son dañinas para la salud humana (DOE 1995). Un incremento en  $10 \mu\text{g m}^{-3}$  de material particulado fino en el aire se ha asociado con aproximadamente de 4% a 8% más probabilidad de riesgo en afecciones cardiopulmonares y de cáncer de pulmón (POPE *et al.* 2002).

Las fuentes emisoras de estas partículas son muy variadas en la atmósfera urbana, incluyendo las de origen antropogénico (industrias) y las de forma natural (erosión eólica) (BECKETT *et al.*, 2000). Sin embargo, una de las principales fuentes en las ciudades proviene de los gases de escape de los vehículos (WATKINS, 1991).

Las bondades de los árboles para capturar partículas contaminantes y por lo tanto reducir su concentración en el aire han sido ampliamente discutidas por diversos autores (NOWAK, 1994; POWE y WILLIS, 2002; GUPTA *et al.*, 2004). El objetivo de este trabajo, por lo tanto, es examinar las diferencias en la capacidad de captación de partículas entre las especies de árboles más utilizadas en programas de plantación urbana local.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Descripción del sitio

Las áreas experimentales se localizaron en dos barrios residenciales (Universitario y Pedro Pico) y en dos áreas verdes (Parque de Mayo y Plaza Rivadavia) de la ciudad de Bahía Blanca, provincia de Buenos Aires, Argentina ( $38^{\circ}43'03''$  S;  $62^{\circ}15'55''$  O).

Las muestras de material vegetal fueron tomadas del arbolado urbano en cada una de las áreas bajo estudio. En los barrios residenciales se seleccionaron árboles de las especies: *Fraxinus pennsylvanica* Marshall (fresno americano), *Lagerstroemia indica* (L.) Pers. (crespón), *Prunus cerasifera* Ehrh. var. *atropurpurea* (ciruelo de jardín), *Ligustrum lucidum* W.T. Aiton (ligustro) y *Robinia pseudoacacia* L. var. *umbraculifera* (acacia bola), por ser las especies de mayor frecuencia en el arbolado de alineación en veredas.

En la plaza y el parque se escogieron árboles de las especies: *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh. (eucalipto rostrata), *Pinus halepensis* Mill. (pino de Alepo), *Cupressus sempervirens* L. f. *sempervirens* (ciprés horizontal), *Ulmus pumila* L. (olmo de Siberia) y *Fraxinus pennsylvanica* Marshall (fresno americano), por ser las especies compartidas en estos dos sitios.

### Recolección de follaje

En un mismo día de los meses de noviembre (primavera), enero (verano) y marzo (otoño), fueron recogidas muestras de hojas de 5 árboles por especie y sitio, después de un período de al menos 10 días sin precipitaciones. Para latifoliadas, de cada árbol se tomaron al menos 25 hojas, maduras, completamente desarrolladas. Para las coníferas, se cosechó un peso de follaje aproximado de al menos 200 g de hojas frescas. Las hojas se recolectaron desde una altura desde el suelo de 1,30 a 3 m, y en los distintos puntos de exposición de la copa (N, E, S y O).

### Análisis gravimétrico

Cada muestra de hoja se lavó mediante la inmersión en 400 ml de agua destilada, con la ayuda de un pincel para retirar el material particulado sedimentado en la superficie de las hojas.

Las soluciones de lavado se filtraron con filtros de papel Whatman número 42, utilizando una bomba de vacío. Todos los filtros se pesaron y se pre-pesaron en una sala de ambiente controlado ( $25^{\circ}\text{C}$ , y humedad relativa 40 %) después de que se les permita equilibrar durante al menos 1 hora en desecador. Finalmente se calculó el peso total de la materia particulada insoluble.

El peso del material particulado sedimentable (MPS) se cuantificó por área foliar (AF), para poder realizar las comparaciones entre especies. Para el cálculo del área foliar se escanearon las muestras de hojas previamente secadas y pesadas hasta alcanzar peso constante, midiéndose posteriormente las AF usando un analizador de imágenes (ImageJ Versión 1.47a).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los datos de la Figura 1 muestran que hubo mayor retención de material particulado sedimentable (MPS) atrapado en las hojas de los árboles que crecían en los barrios, en comparación con los valores medios registrados en el parque y la plaza (Figura 1). Estos resultados se pueden atribuir a que el barrio Pedro Pico se encuentra más próximo al sector industrial de la ciudad y zona portuaria, donde en verano se registra una actividad intensa de carga y descarga de cereal. En el barrio Universitario, la toma de muestras coincidió con obras de reasfaltado de calles, dando origen a mucho polvo en suspensión en esa área de la ciudad. Esa podría ser la causa de la gran acumulación media de MPS observada sobre el follaje ( $0,340 \mu\text{g cm}^{-2}$ ) de los árboles en el barrio Universitario (Figura 1).

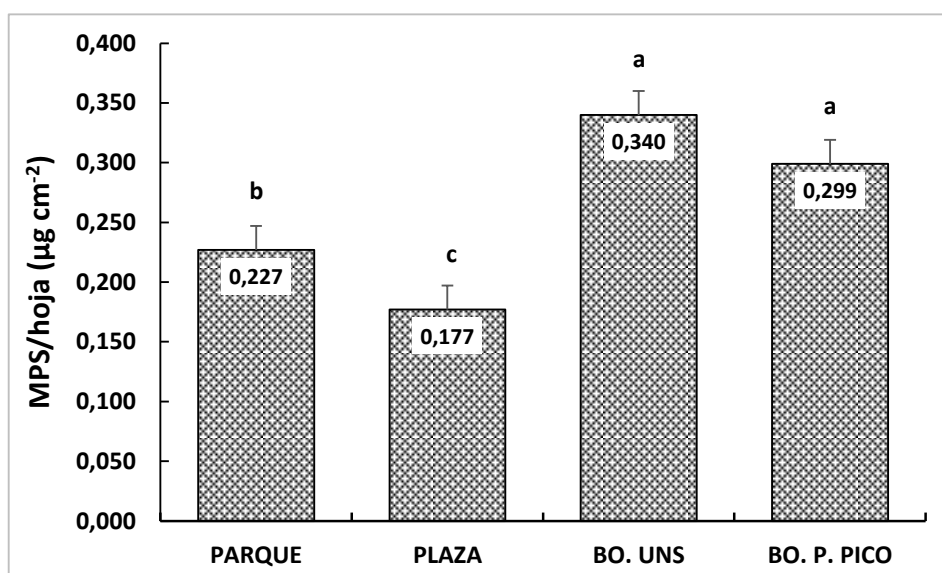
Las especies coníferas (pinos y cipreses) no mostraron diferencias significativas entre ellas en la retención de MPS, en el sitio del Parque de Mayo y de la Plaza Rivadavia. Pero, sí se encontraron diferencias significativas al comparar estas especies coníferas con las especies latifoliadas muestreadas en esos dos sitios (Figura 2A). Estos resultados son coincidentes a los hallados por BECKETT *et al.* (2000, 2000a).

La presencia de resinas en las superficies de las hojas de los pinos y cipreses pudo haber contribuido a una mayor deposición de material particulado. De las latifoliadas, los eucaliptos y los olmos retuvieron mayor cantidad de MPS por unidad de AF que el fresno (Figura 2A). La cutícula cerosa del eucalipto y la rugosidad y pilosidad en las hojas del olmo, pudieron favorecer esta acumulación de partículas.

Del arbolado de alineación muestreado en los barrios residenciales, el ligustro resultó ser la especie más efectiva para la captura de MPS, que el resto de las especies (Figura 2B). El crespón fue significativamente inferior que el ligustro en la captura de particulado, pero mostró igualmente valores muy superiores a las otras especies (ciruelo de jardín, fresno americano y acacia bola) (Figura 2B).

En todos los sitios de muestreo se observó mayor deposición de partículas en el follaje de los árboles durante el mes de enero, en coincidencia con el período estival de más sequía en el ambiente y mayor probabilidad de polvo en suspensión (Figura 3).

Para testificar la presencia de micropartículas retenidas sobre las caras adaxial y abaxial de las hojas, se procedió a obtener imágenes con un microscopio electrónico de barrido. Se pudo constatar así la presencia de partículas superiores a 20 micras, como granos de polen (Figura 4 a y c), micropartículas inferiores a 10 y 2,5 micras (figura 4 b), incluso incrustaciones de material particulado en cavidades estomáticas (Figura 4 d).



**Figura 1. Valores medios de MPS (µg) observado por cm² de AF en las 4 áreas de muestreo: Parque; Plaza; Barrio Universitario, y Barrio Pedro Pico. Barras verticales muestran 1 EE. Letras diferentes indican diferencias significativas ( $p < 0,05$ ; Test de Bonferroni).**

**Figure 1. Mean values of MPS (µg) observed per cm² of AF in the 4 sampling areas: a) Park, Square, Universitario and Pedro Pico neighborhoods. Vertical bars show 1 EE. Different letters indicate significant differences ( $p < 0.05$ , Bonferroni test).**

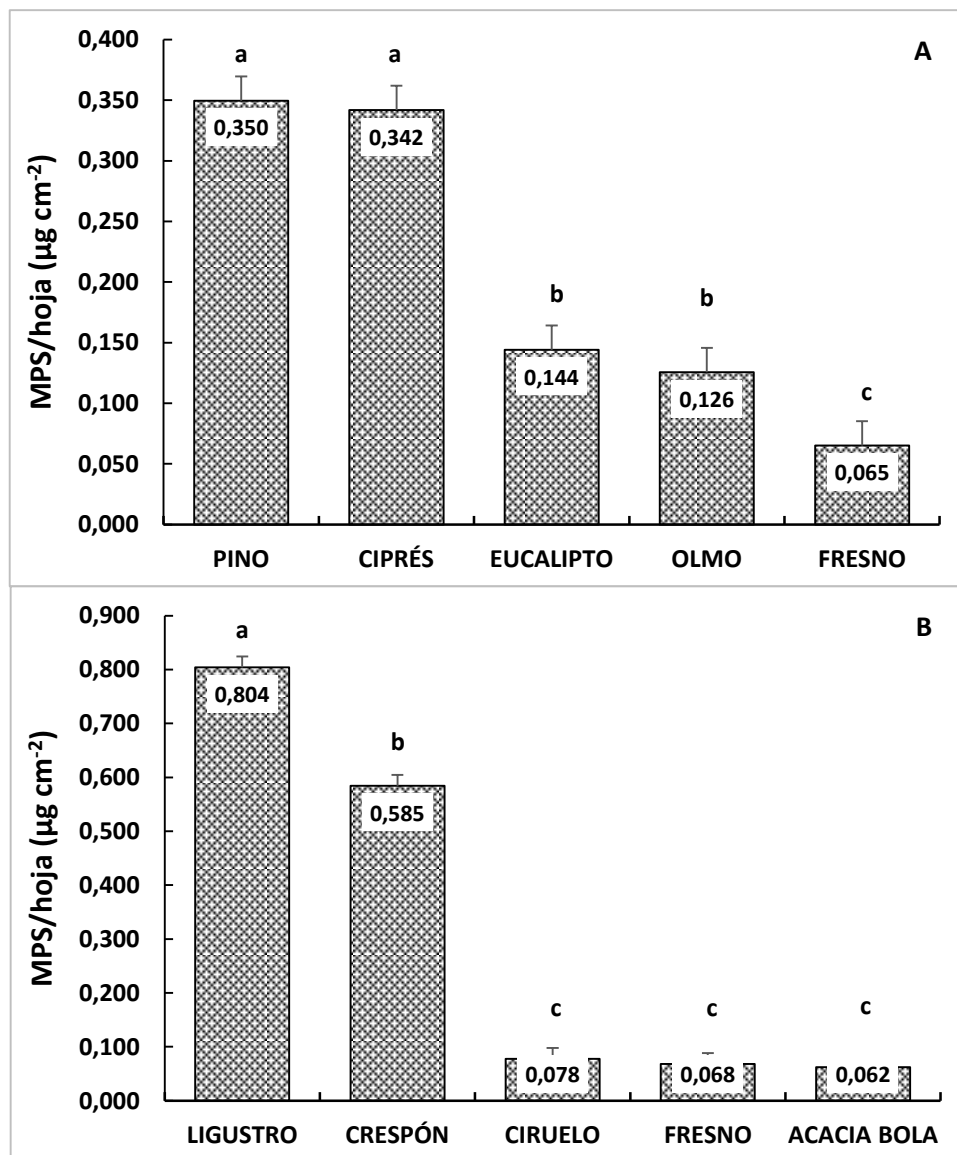
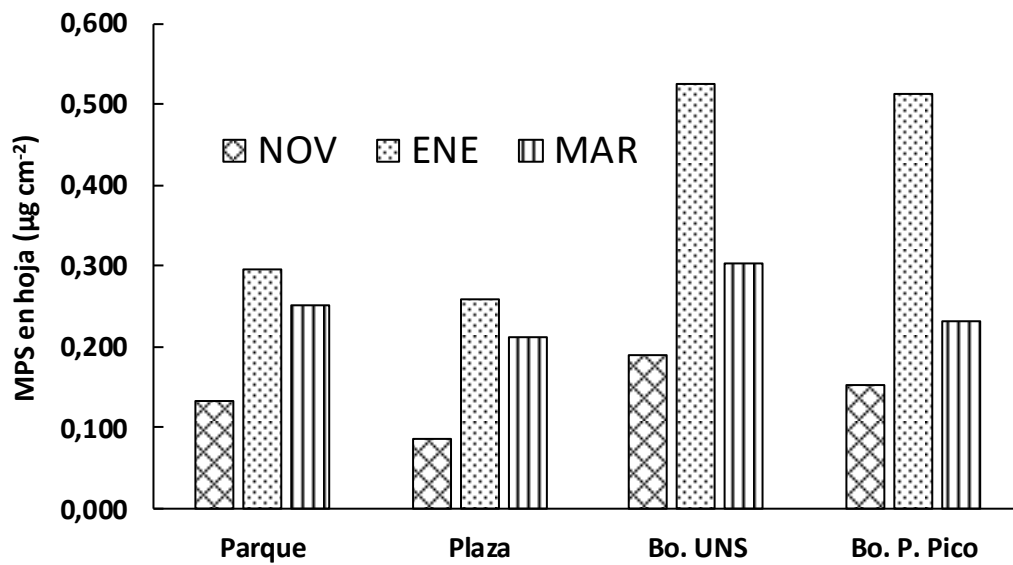


Figura 2. Valores medios de MPS ( $\mu\text{g}$ ) observado por  $\text{cm}^2$  de AF en las especies estudiadas en: A) Parque y Plaza y B) Barrios Universitario y Pedro Pico. Barras verticales muestran 1 EE. Letras diferentes indican diferencias significativas ( $p < 0,05$ ; Test de Bonferroni).

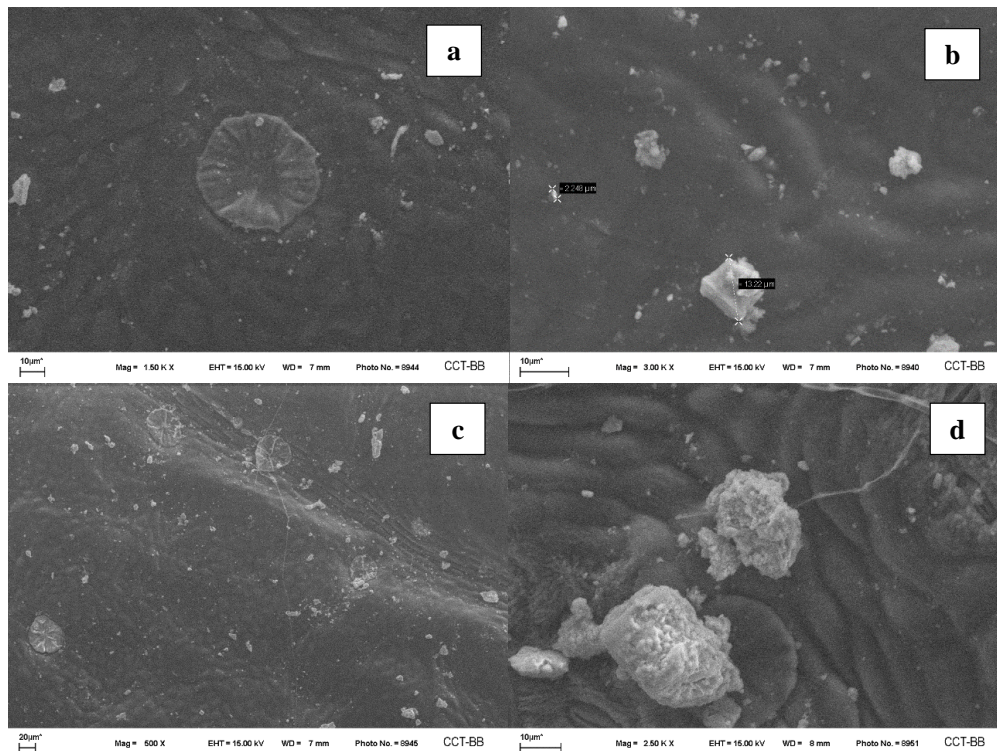
Figure 2. Mean values of MPS ( $\mu\text{g}$ ) observed per  $\text{cm}^2$  of AF in the species studied in: A) Park and Square and B) Universitario and Pedro Pico neighborhoods. Vertical bars show 1 EE. Different letters indicate significant differences ( $p < 0.05$ , Bonferroni test).





**Figura 3. Valores medios de MPS ( $\mu\text{g}$ ) observado por  $\text{cm}^2$  de AF de todos los árboles muestra en cada área y en cada mes de muestreo.**

**Figure 3. Mean values of MPS ( $\mu\text{g}$ ) observed per  $\text{cm}^2$  of AF for all trees sample in each area and each month of sampling.**



**Figura 4. Imágenes obtenidas con microscopio de barrido.**

**Figure 4. Images obtained with a scanning electron microscope.**

## CONCLUSIONES

A partir de los resultados obtenidos en el estudio se puede concluir que:

Los árboles pueden capturar cantidades significativas de partículas perjudiciales para la salud de la atmósfera con el potencial de mejorar la calidad del aire.

Hay marcadas diferencias en la capacidad de las especies de árboles para capturar partículas contaminantes como las coníferas, que pueden ser la mejor opción para plantaciones con el objetivo de controlar la polución atmosférica.

Entre las especies frondosas estudiadas, las que tienen superficies de hojas cerosas y/o rugosas son más eficaces en la captura de partículas.

## BIBLIOGRAFÍA

BECKETT K. P., Freer-Smith P.H. y Taylor G. 2000. Effective tree species for local air-quality management. *Journal of Arboriculture* 26(1):12-19.

BECKETT K.P., Freer-Smith P.H. y Taylor G. 2000a. Particulate pollution capture by urban trees: Effect of species and windspeed. *Global Change Biol.*, 6:995-1003.

DOE (Department of the Environment). 1994. *Trees in Towns: A Survey of Trees in 66 Towns and Villages in England*. HMSO, Londres, Inglaterra. 51 pp.

GUPTA A., Kumar R., Maharaj Kumari K. y Srivastava S. S. (2004). Atmospheric dry deposition to leaf surfaces at a rural site of India. *Chemosphere*, 55, 1097-1107.

NOWAK D. J. 1994. Air pollution removal by Chicago's urban forest. En E. G. McPherson, D. J. Nowak, y R. A. Rowntree (Eds.), *Chicago's urban forest ecosystem: Results of the Chicago urban forest climate project* (pp. 63-82). Radnor, PA: US Department of Agriculture, Forest Service, Northeastern Forest Experiment Station.

POPE C.A., Burnett R.T., Thun M.J., Calle E.E., Krewski D., Ito K. y Thurston G.D. 2002. Lung cancer, cardiopulmonary mortality, and long-term exposure to fine particulate air pollution. *Journal of the American Medical Association* 287 (9):1132-1141.

POWE N. A. y Willis K. G. (2002). Social and environmental benefits of forestry. Phase 2: Mortality and morbidity benefits of air pollution absorption by woodland. Report to Forestry Commission.

WATKINS L.H. 1991. State of the Art Review 1: Air Pollution from Road Vehicles. HMSO, Londres, Inglaterra. 151 pp.

# CULTIVO IN VITRO DE EMBRIONES CIGÓTICOS: UNA ESTRATEGIA DE CONSERVACIÓN PARA *Austrochthamalia teyucuaensis*

H.A. Keller

IN VITRO CULTURE OF ZYGOTIC EMBRYOS: A CONSERVATION STRATEGY FOR *Austrochthamalia teyucuaensis* H.A. Keller

Fecha de recepción: 14/09/2016 // Fecha de aceptación: 02/05/2017

## Evelyn Duarte

Ingeniera Forestal-Doctora en Recursos Naturales. Facultad de Ciencias Forestales (FCF)-Universidad Nacional de Misiones (UNaM). Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET). Comité Ejecutivo de Desarrollo e innovación tecnológica (CEDIT). Jefe de trabajos prácticos interino de la cátedra de biología vegetal. Becaria posdoctoral CONICET-CEDIT

Dirección: Degener 2346 Km 2. Eldorado-Misiones  
e-mail: evelynfcf@yahoo.com.ar

## Sandra Patricia Rocha

Ingeniera Forestal, Mgter.Docente Facultad de Ciencias Forestales-Universidad Nacional de Misiones. Bertoni 124, Eldorado-Misiones. Email: procha910@gmail.com

## Fernando Niella

Ingeniero Forestal, Mgter.Docente Facultad de Ciencias Forestales-Universidad Nacional de Misiones. Bertoni 124, Eldorado-Misiones. Email: fernandoniella@gmail.com

## RESUMEN

*Austrochthamalia teyucuaensis* es una especie endémica de la Misiones que tiene un alto potencial como ornamental pero debido al número reducido de su población se encuentra en peligro crítico. Si bien se han registrado altos porcentaje de germinación de las semillas de *A. teyucuaensis*, pocas plantas prosperan hasta llegar a ser un individuo fértil y no hay registros de propagación asexual. El objetivo de este trabajo es proponer una alternativa de propagación, empleando la técnica del cultivo *in vitro*. Esta técnica es una excelente alternativa para producir plantas en un corto periodo y de buena calidad, para conservar en bancos de germoplasma *ex situ*. Semillas cosechadas en el Paraje teyú Cuaré fueron sometidas a dos tratamientos de desinfección, variando el tiempo de inmersión en peróxido de hidrógeno y los embriones fueron cultivados en dos medios de cultivos el Murashige y Skoog y el Shenk y Hildebrandt, en sus concentraciones originales con agar 6 g.L<sup>-1</sup>, libre de sacarosa y reguladores de crecimiento. Los resultados obtenidos indicaron que los tratamientos de desinfección fueron igualmente efectivos para la eliminación de patógenos, lográndose un 100% de cultivos libre de hongos y bacterias. Los medios de cultivos fueron apropiados para el cultivo de embriones de esta especie

## SUMMARY

*Austrochthamalia teyucuaensis* is an endemic species of the Province of Misiones that has a high potential as ornamental plant but due to the small number of its population it is in critical danger. Although high percentage of germination of *A. teyucuaensis* seeds has been recorded, few plants thrive until they become fertile individuals and there are no records of asexual propagation. The objective of this work is to propose an alternative of propagation, using the *in vitro* culture technique. This technique is an excellent alternative to produce plants in a short period and of good quality, to preserve in banks of *ex situ* germplasm. Seeds harvested in Teyu Cuaré were subjected to two disinfection treatments, varying the time of immersion in hydrogen peroxide and the embryos were grown in two media of cultures Murashige and Skoog and Shenk and Hildebrandt, in their original concentrations with agar 6 g.L<sup>-1</sup>, sucrose free and growth regulators. The obtained results indicated that the disinfection treatments were equally effective for the elimination of pathogens, achieving a 100% of cultures free of fungi and bacteria. The culture media were appropriate for the culture of embryos of this species obtaining a 100% of germination. The disinfection procedures and the

obteniéndose un 100% de germinación. Los procedimientos de desinfección y medios de cultivos empleados han permitido lograr exitosamente el establecimiento y germinación *in vitro* de embriones cigóticos de *A. teyucuaensis*.

**Palabras claves:** Endémicas, Apocináceas, semillas

culture media used have successfully led to the establishment and *in vitro* germination of *A. teyucuaensis* embryos.

**Key words:** Endemic, Apocinaceae, Seeds.

## INTRODUCCIÓN

La conservación de germoplasma de la diversidad vegetal se puede dar de dos maneras, una es la *in situ* donde las especies se mantienen en su hábitat natural, generalmente en parques nacionales, reservas biológicas y reservas ecológicas (GARCÍA-ÁGUILA, *et al.*, 2007). La otra es la conservación *ex situ* donde las especies se preservan fuera de su hábitat natural, en bancos de semillas botánicas, bancos de plantas en campo o en bancos de plantas *in vitro*. Este último sistema de conservación constituye una parte esencial de la estrategia general de conservación y el intercambio de recursos genéticos en el mundo. Las ventajas, que ofrece el mismo son la posibilidad de almacenar un gran número y variedad de muestras en un área reducida, además de garantizar la sanidad de las muestras e incrementa la posibilidad del intercambio de materiales vegetales. (MARRERO GOMEZ *et al.* 2002, GARCÍA-ÁGUILA, *et al.*, 2007).

La propagación por medio del cultivo *in vitro* tiene la ventaja que permite, mediante una pequeña porción de planta (explante), obtener muchos ejemplares con las características deseadas de individuos elites seleccionados. Por lo tanto es importante desarrollar protocolos de multiplicación, que permitan obtener plantas con características morfológicas adecuadas para su traslado a condiciones de campo (ÁLVAREZ *et al.*, 2011). Esta técnica como herramienta biotecnológica es una alternativa viable para el rescate, conservación y masificación de especies nativas (VIDAL *et al.*, 2011).

Para muchas especies, la conservación *ex situ* se convierte en la única estrategia viable para salvar a las especies de la extinción a través de los bancos de semillas o que viven colecciones establecidas a través de la propagación vegetativa (bancos de germoplasma *in vitro*) (PIMM 2008; BUNN *et al.* 2011). Dado que las especies amenazadas presentan problemas como, la endogamia que da lugar a bajos rendimientos de semilla (Hendrix y Kyhl 2000), o la dormancia que estas poseen a menudo sin resolver (MERRITT Y DIXON 2003; MERRITT *et al.* 2007). Además, la disponibilidad de semillas viables se ve obstaculizada por la escasez e irregularidad en la producción de éstas debido a las tensiones ambientales como la sequía, la depredación o enfermedad (o simplemente por información insuficiente sobre el tiempo óptimo para la recolección de semillas), limitando de esta manera la

disponibilidad de explantes (BUNN *et al.* 2011). Otro aspecto a tener en cuenta para mantener la diversidad genética de una especie en una condición estable y sin que las técnicas de cultivos utilizadas pongan en peligro la estabilidad genética de las plantas, siempre será más conveniente utilizar cultivos de ápices de vástagos o embriones cigóticos, que minimizan los riesgos de variación en comparación con otros sistemas de cultivo como el de protoplastos o células (VILLALOBOS Y ENGELMANN 1995).

El objetivo de la conservación es evitar la extinción de las especies, sus genes y los procesos que realizan. En las poblaciones pequeñas el riesgo de extinción es mayor que en las grandes. El impacto es tan alto, que incluso en un entorno perfectamente constante, se enfrentan al riesgo de extinción a causa de anomalías demográficas en el suelo (PIMM *et al.* 1988). En tales situaciones, asegurar la reproducción es de suma importancia (BOND 1994), para la reducción del riesgo de su extinción (TARLTON 2013). La propagación y almacenamiento de plántulas en bancos de germoplasmas *in vitro* ha demostrado ser una manera eficaz para proporcionar material genético de respaldo para las especies de plantas en peligro de extinción en la naturaleza antes que las medidas de conservación *in situ* que se pudieran tomar. Además, estos materiales en los bancos, pueden servir para proporcionar recursos con fines paisajístico y cultural de jardines locales, como de parques urbanos (SUGII 2011).

*Austrochthamalia teyucuaensis* H. A. Keller, es un especie endémica de la provincia de Misiones perteneciente a la familia Apocynaceae, que posee un alto potencial como especie ornamental pero se encuentran en peligro crítico (IUCN 2001). Esta especie crecen pastizales con abundancia de *Axonopus suffultus* (Poaceae) y *Allagoptera campestris* (Araceae), y con árboles como *Acosmium subelegans* (Fabaceae). Posee inflorescencias subaxilares, postradas y bifloras. La floración se inicia en septiembre y se prolonga hasta febrero, su fruto es un folículo. Desde noviembre hasta marzo se pueden encontrar frutos en diferentes estados de maduración. Las semillas son marrones de 1-1,2 x 0,5- 0,6 cm, con superficie corrugada, un fruto puede contener unas 65-84 semillas. Si bien las semillas *A. teyucuaensis* pueden presentar altas tasa de germinación (90%), son relativamente pocas las plantas que prosperan hasta llegar a ser un individuo fértil y no hay registros de propagación asexual ni de propagación *in vitro*. La única población conocida de la especie



cuenta con alrededor de 100 ejemplares y se encuentran en área de reserva protegida (KELLER 2015). Frente a las condiciones antes explicadas es que en este trabajo se propone una alternativa de propagación, empleando la técnica del cultivo *in vitro*. Esta técnica es una excelente alternativa para producir gran cantidad de plantas en un corto periodo y de buena calidad, tanto para conservar la especie con fines ecológicos como para estudiarla bajo condiciones *in vitro* como *ex vitro*, y así generar más información de la misma (entre ellos el de encontrar el ambiente en el que mejor crece y se establece).

## MATERIALES Y METODOS

Las semillas fueron cosechadas en el Paraje teyú Cuaré, Depto. San Ignacio, Misiones (27° 16' 43,9'' S – 55° 33' 44,9'' W) en el mes de agosto y almacenadas durante dos meses a 4°C en frascos de vidrio. La desinfección de las semillas consistió en dos etapas: 1) Sumergir las mismas en una solución peróxido de hidrógeno (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) 10 volúmenes durante 30 minutos, a continuación en alcohol 70% durante un minuto y luego se las transfirió a una solución comercial (60 g.L<sup>-1</sup> de cloro activo) de hipoclorito de sodio (NaClO) al 1,5% con dos gotas de Tween 20® durante 20 minutos. 2) Sumergirlas en H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 10 volúmenes durante 16 horas, después en alcohol 70% durante un minuto y luego se las traspasó a una NaClO al 1,5% con dos gotas de Tween 20® durante 20 minutos, después de los lavados con desinfectantes, las semillas se enjuagaron tres veces con agua destilada estéril. Todo el proceso de desinfección se realizó en cámara de flujo laminar y una vez finalizado se procedió a extraer los embriones de las semillas. Los medios de cultivo utilizados para el cultivo fueron el MS (MURASHIGE Y SKOOG, 1962) y el SH (SCHENK Y HILDEBRANDT, 1972), en sus concentraciones originales, adicionados con agar 6 g.L<sup>-1</sup>, libre de sacarosa y de reguladores de crecimiento. De acuerdo con lo mencionado anteriormente, los tratamientos empleados se expresan la tabla 1.

**Tabla 1: Diferentes tratamientos según la desinfección y medios de cultivos utilizados para el cultivo de embriones cigóticos de *A. teyucarensis*.**  
**Table 1: Different treatments according to disinfection and culture media used for the culture of embryos of *A. teyucarensis*.**

Tratamientos	Desinfección	Medio de cultivo
1	PH 10 vol 30 min + etanol 70 % + NaClO 1,5 %	MS
2	PH 10 vol 30 min + etanol 70 % + NaClO 1,5 %	HS
3	PH 10 vol 16 horas + etanol 70 % + NaClO 1,5 %	MS
4	PH 10 vol 16 horas + etanol 70 % + NaClO 1,5 %	HS

Se dispusieron dos embriones por tubo de 50 ml de capacidad, los cuales contenían 10 ml de medio cultivo y a continuación los tubos con los embriones se incubaron durante 30 días en condiciones controladas de luz (116 µmol.m<sup>-2</sup>. s<sup>-1</sup>, PAR, fotoperiodo 14 horas) y temperatura (27±2 °C). A los 7 días desde la siembra, se determinó el porcentaje de germinación de las semillas (PG) y porcentaje de desinfección (PD).

Al cabo de un mes las plántulas fueron subcultivadas a medios frescos, compuesto por el medio basal MS en su concentración original con el agregado de sacarosa (20 g.L<sup>-1</sup>) y agar (6 g.L<sup>-1</sup>), en frascos de 300 ml que contenían 50 ml de medio de cultivo, se cultivaron cuatro plantas por frasco y transcurrido 30 días se evaluó la sobrevivencia de las plantas.

## Análisis estadístico

Los resultados de PG y PD fueron sometidos a análisis de varianza (Anova) y posteriormente las medias se compararon utilizando la prueba de Tukey al 5 % de probabilidad de error, utilizando software Infostat (2014).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los agentes desinfectantes utilizados y el proceso de desinfección realizado en los dos tratamientos demostraron diferencias estadísticamente no significativas, por lo que ambos pueden ser considerados efectivos para la eliminación de patógenos (hongos y bacterias), permitiendo la germinación de los embriones libre de contaminación (Tabla 2, Figura 1).

**Tabla 2: Efecto de los diferentes tratamientos sobre la desinfección y germinación de embriones *Austrochthamalia teyucarensis*.**

**Table 2: Effects of the different treatments over disinfection and germination of *Austrochthamalia teyucarensis* embryos.**

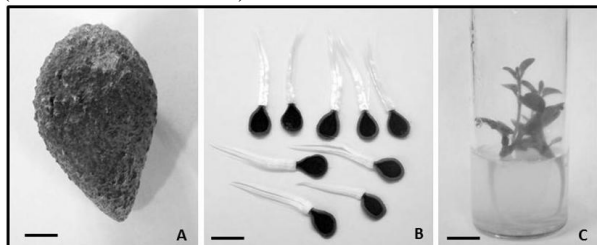
Tratamiento	PG (%)	PD (%)
1	100a	0a
2	100a	0a
3	100a	0a
4	100a	0a

Letras distintas indican diferencias significativas entre tratamientos (Tukey,  $P \leq 0.05$ ).

El mayor éxito del establecimiento *in vitro* de cultivos de plantas en peligro depende principalmente de desarrollar óptimos métodos de desinfección de las semillas viables y superar la contaminación *in vitro* que lleva a la pérdida de valiosos propágulos (SUGII 2011).

El hipoclorito de sodio es un desinfectante eficaz altamente recomendado para el establecimiento *in vitro* de embriones cigóticos (MANJARRÉS-

HERNÁNDEZ y PEREA-DALLOS 2012; FERNÁNDEZ *et al.* 2016). Por otro lado el peróxido de hidrógeno si bien se utiliza para desinfección de semillas es un excelente inductor de germinación (DUARTE *et al.* 2014).



**Figura 1: *Austrochthamalia teyucarensis*. A) Fruto. B) Semillas. C) Plántulas *in vitro* después de 30 días de cultivo. La barra indica 1cm.**

**Figure 1: *Austrochthamalia teyucarensis*. A) Fruit. B) Seeds. C) Seedlings *in vitro* after 30 days of culture. The bar indicates 1 cm.**

Se consideró que el embrión germinó cuando la radícula presentó una longitud de 5 mm el proceso morfogénico se inició a los dos días del cultivo. A los 7 días del establecimiento, se registró un 100 % de emergencia de las vitroplantas en ambos medios. En las mismas se observó un adecuado crecimiento, de aspecto vigoroso y coloración verde oscura en sus hojas. El propósito del cultivo de embriones es obtener plantas de tamaño uniforme y libre de patógenos, ya que acelera el proceso de germinación y el crecimiento de las plántulas. De ahí la importancia de utilizar esta técnica como una alternativa para la propagación de especies que tienen semillas que presentan dormancia o de especies en peligro (CALDERON-BALTIERRA *et al.* 1993; GARCIA *et al.* 2002; TZEC SIMA *et al.* 2006; SOARES *et al.* 2011, ZURITA-VALENCIA *et al.* 2014).

Diversos trabajos han reportado que el medio basal MS puede ser empleado con éxito en el cultivo de embriones de especies amenazadas tales como los protocolos publicados para *Gomortega keule* (CALDERON-BALTIERRA *et al.* 1993), *Sternbergia fischeriana* (MIRICI *et al.* 2005) y *Muscarimurum* (NASIRCILAR *et al.* 2011).

Al cabo de un mes las plantas alcanzaron una altura promedio de  $3,5 \pm 0,92$  cm y fueron repicadas a medios frescos adicionados con sacarosa, la sobrevivencia de las plantas fue del  $48,38 \pm 8,53\%$  (Figura 2). Las plantas antes de perecer no presentaron ningún síntoma de clorosis ni de infección bacteriana o fúngica, solamente una coloración marrón clara desde el ápice hacia la radícula. Las semillas de *A. teyucarensis* para este estudio fueron obtenidas de una única población identificada en la provincia de Misiones que cuenta con tan solo 100 individuos. Según VERGEER *et al.* (2003) las especies de poblaciones pequeñas producen menos semillas por fruto. Sus semillas tienen tasas de germinación más bajas debido a que tienen mayor cantidad de semillas

inactivas o no viables y existe una mayor mortalidad de las plántulas. La fragmentación de hábitat es uno de los factores que tienen un efecto negativo sobre la adecuación biológica de las plantas ya que ocasionan una reducción en la cantidad y calidad de semillas producidas. Los factores que disminuyen la cantidad de plantas obtenidas por semillas, debido a la baja calidad de estas, pueden transformarse en una amenaza para la sobrevivencia de las poblaciones a largo plazo (HENRÍQUEZ 2004). La baja cantidad de individuos en una población promueve la autofecundación (HERLIHY *et al.* 2002) y las plantas obtenidas de semillas por autofecundación producen menos flores que las provenientes de semillas por polinización cruzada, y por ende menor cantidad de frutos y semillas (JOHNSTON 1992). Los linajes de autofecundación tienen un potencial reducido para adaptarse a los ambientes cambiantes y por ende es menor su capacidad para persistir en el largo plazo (WRIGHT *et al.* 2013).



**Figura 2: Sobrevivencia de *Austrochthamalia teyucarensis*. Izquierda plantas que sobrevivieron. Derecha plantas que perecieron durante el ensayo. La barra indica 1cm.**

**Figure 2: Survival of *Austrochthamalia teyucarensis*. Left: plants that survived. Right: plants that perished during the test. The bar indicates 1 cm.**

## CONCLUSIÓN

Los tratamientos de desinfección combinando diferentes tiempos de lavado con peróxido de hidrógeno e hipoclorito de sodio, han demostrado ser efectivos en el establecimiento *in vitro* de embriones cigóticos *A. teyucarensis* y los medios de cultivos empleados (SH y MS) permitieron un alto porcentaje de germinación (100%) de los embriones. Por lo que el empleo de uno u otro procedimiento de desinfección como de los medios de cultivo pueden ser considerados para futuros cultivos.

## AGRADECIMIENTOS

Expresamos nuestros sinceros agradecimientos al Dr. Keller por proveer las semillas que se utilizaron en este ensayo y por brindar información de la especie, a la Facultad de Ciencias Forestales por su colaboración para la ejecución de esta investigación y al CONICET por la beca otorgada.

## BIBLIOGRAFÍA

ÁLVAREZ, M. J., Beltrán, P., Diana, M. I. I., & Neftali, M. L. 2011. Evaluación de reguladores de crecimiento vegetal en la organogénesis de *Gmelina arborea* roxb. *Revista Tumbaga*, 6, 107-124.

BOND, W.J., 1994. Fire survival of Cape Proteaceae-influence of Fire Season and Seed Predators. *Vegetatio*, 56, 65-74.

BUNN, E., Turner, S. R., Dixon, K. W. 2011. Biotechnology for saving rare and threatened flora in a biodiversity hotspot. *In Vitro Cellular & Developmental Biology-Plant*. 47(1), 188-200.

CALDERON-BALTIERRA, X., Perez, F., Rotella, A. 1993. Micropropagación de una especie chilena en peligro de extinción: Gomortegakeule (Mol.) Baillon (Magnoliopsidae, Gomortegaceae). *Bosque*, 14(1), 23-28.

DUARTE, E., Acevedo, M., Sansberro, P., Luna, C. 2014. Detección de daño del coleóptero *Amblycerus longesuturalis* para la selección y germinación *in vitro* de semillas de Peteribí (*Cordia trichótoma* [Vell.] Arrab. ex Steudel). *Revista de la Facultad de Agronomía, La Plata*. 113(1), 18-27.

FERNÁNDEZ, C. F., Lezcano, M. I. D., Segnana, L. R. G. 2016. Enraizamiento *in vitro* de embriones cigóticos de *Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lodd ex Mart. *Colombia Forestal*. 19(1), 67-78.

GARCIA, J., Troncoso J., Sarmiento R., Troncoso, A. 2002. Influence of carbon source and concentration on the *in vitro* development of olive zygotic embryos and explants raised from them. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*, 69:95-100.

GARCÍA-ÁGUILA, L., de Fera, M., Acosta, K. 2007. Aspectos básicos de la conservación *in vitro* de germoplasma vegetal. *Bioteología Vegetal*. 7(2): 67 – 79.

HENDRIX, S. D., Kyhl J. F. 2000. Population size and reproduction in *Phlox pilosa*. *Conserv. Biol*. 14: 304–313.

HENRÍQUEZ, C. A. 2004. Efecto de la fragmentación del hábitat sobre la calidad de las semillas en *Lapageria rosea*. *Revista chilena de historia natural*. 77 (1): 177-184.

HERLIHY, C. R., Eckert, C. G. 2002. Genetic cost of reproductive assurance in a self-fertilizing plant. *Nature*. 416(6878), 320-323.

INFOSTAT. 2014. Grupo InfoStat. Universidad Nacional de Córdoba / Editorial Brujas. Argentina.

IUCN (International Union for the Conservation of Nature). 2001. The IUCN redlist of threatened species, version 2001. IUCN RedList Unit, Cambridge U.K. Available from: <http://www.iucnredlist.org/> (Consultado 11 de Junio 2015).

JOHNSTON, M. O. 1992. Effects of cross and self-fertilization on progeny fitness in *Lobelia cardinalis* and *L. siphilitica*. *Evolution*. 688-702.

KELLER, H. A. 2015. *Austrochthamalia teyucuaensis* (Apocynaceae: Asclepiadoideae), una nueva especie endémica de Misiones, Argentina. *Lilloa* 52 (1): 1-6.

KRAMER, A.T., Havens, K., 2009. Plant Conservation Genetics in a Changing World. *Trends in plant science*, 14 (11): 599-607.

MANJARRÉS-HERNÁNDEZ, E. H., Perea-Dallos, M. 2012. Establishment of a purple passion fruit (*Passiflora edulis* Sims.) propagation protocol from zygotic embryos and axillary shoots. *Agronomía*. 20(2), 53-64.

MARRERO-GÓMEZ, M. N., Bañares-Baudet, A., Álamo, E. C. 2002. Planificación de la conservación de los recursos vegetales en espacios naturales protegidos canarios. *Revista Ecosistemas*. 11(3).

MERRITT, D. J., Dixon K. W. 2003. Seed storage characteristics and dormancy of Australian indigenous plant species. In: Smith R. D., Dickie J. B., Linington S. H., Pritchard H. W., Probert R. J. (eds) Seed conservation: turning science into practice. Royal Botanic Gardens Kew, Cromwell, London, pp 809–823.

MERRITT, D. J.; Turner S. R., Clarke S., Dixon K. W. 2007. Seed dormancy and germination stimulation syndromes for Australian temperate species. *Aust. J. Bot.* 55: 336–344.

MIRICI, S., Parmaksız, İ., Özcan, S., Sancak, C., Uranbey, S., Sarihan, E. O., Gumuscu, A., Gurbuz, B., Arslan, N. 2005. Efficient *in vitro* bulblet regeneration from immature embryos of endangered *Sternbergia fischeriana*. *Plant cell, tissue and organ culture*, 80 (3): 239-246.

- MURASHIGE, T., Skoog, F.A. 1962. A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue cultures. *Physiologia Plantarum* 15: 473-497.
- NASIRCILAR, A. G., Mirici, S., Karagüzel, Ü. Ö., Eren, Ö., Baktir, I. 2011. *In vitro* propagation of endemic and endangered *Muscarimurum* from different explant types. *Turkish Journal of Botany*, 35(1): 37-43.
- PIMM, S.L. 2008. Biodiversity: Climate Change or Habitat Loss - Which will Kill More Species? *Current biology*, 18 (3): 117-119.
- SCHATZ, G.E., 2009. Plants on the IUCN Red List: Setting Priorities to Inform Conservation. *Trends in plant science*, 14 (11): 638-42.
- SCHENK, R.U., Hildebrandt, A.C. 1972. Medium and techniques for induction and growth of monocotyledonous and dicotyledonous plant cell cultures. *Can. J. Bot.* 50:199-204
- SOARES, J.; Rodrigues, F., Pasqual, M., Nunes, C., Araujo, A. 2011. Germinação de embriões e crescimento inicial *in vitro* de macaúba. *Ciência Rural*, Santa Maria, Online. ISSN 0103-8478
- SUGIL, N. C. 2011. The establishment of axenic seed and embryo cultures of endangered Hawaiian plant species: special review of disinfection protocols. *In Vitro Cellular & Developmental Biology-Plant*, 47(1): 157-169.
- TARLTON, S. 2013. *Conservation and propagation of the critically endangered *Protearoupelliae* ssp. *hamiltonii** (Doctoral dissertation). Faculty of Science, University of the Witwatersrand. 192 pp.
- TZEC-SIMÁ, M., Orellana, R., Robert, M. 2006. *In vitro* rescue of isolated embryos of *Bactris major* Jacq. and *Desmoncus orthacanthos* Mart., potentially useful native palms from the Yucatan peninsula (Mexico). *In Vitro Cellular and Developmental Biology-Plant*, v.42, p.54-58
- VERGEER, P., Rengelink, R., Copal, A. y Ouborg, N. J. 2003. The interacting effects of genetic variation, habitat quality and population size on performance of *Succisa pratensis*. *Journal of Ecology*, 91: 18-26.
- VIDAL, J., Sabja, A. M., Ríos-Leal, D., Lara-Aguilar, A., Donoso, P. J., González, M. E., & Escobar, B. 2011. Potencial de la organogénesis como estrategia para la masificación *in vitro* de *Fitzroya cupressoides* en Sudamérica Austral. *Revista Chapingo. Serie ciencias forestales y del ambiente*, 17(3): 423-433.
- VILLALOBOS, V. M., Engelmann, F. 1995. *Ex situ* conservation of plant germplasm using Biotechnology. *World journal of microbiology and Biotechnology*, 11(4): 375-382.
- WRIGHT, S. I., Kalisz, S., Slotte, T. 2013. Evolutionary consequences of self-fertilization in plants. In *Proc. R. Soc. B*. The Royal Society. 280 (1760): 201-301
- ZURITA-VALENCIA, W., Gómez-Cruz, J. E., Atrián-Mendoza, E., Hernández-García, A., Granados-García, M. E., García-Magaña, J. J., Salgado-Garciglia, R., Sánchez-Vargas, N. M. 2014. Establecimiento de un método eficiente de germinación *in vitro* y micropropagación del cirimo (*tilia mexicanaschlecht.*) (tiliaceae). *Polibotánica*, (38): 129-144.



# COMPORTAMIENTO DE *Tipuana tipu* (TIPA BLANCA) EN ENRIQUECIMIENTO DE BOSQUE DEGRADADO EN EL SURESTE DE FORMOSA, ARGENTINA

BEHAVIOR *Tipuana tipu* (TIPA BLANCA) IN A DEGRADED FOREST ENRICHMENT IN THE SOUTHEAST OF FORMOSA, ARGENTINA

Fecha de recepción: 29/08/2016 // Fecha de aceptación: 02/05/2017

**César Enrique Sirka**

Instituto de Silvicultura (U.Na.F. – F.R.N.) Av. Gutnisky 3200, Formosa, Argentina  
cesirka@yahoo.com.ar

**Miguel Ángel Oviedo**

Instituto de Silvicultura (U.Na.F. – F.R.N.) Av. Gutnisky 3200, Formosa, Argentina  
ma1\_oviedo@yahoo.com.ar

## RESUMEN

El objetivo del trabajo fue evaluar el comportamiento de *Tipuana tipu* Benth (Tipa blanca), en prácticas de enriquecimientos en bosque alto degradado, del sureste de Formosa, Argentina. Para ello se utilizaron fajas de 4 y 8 m. de ancho y 100 m. de longitud; y claros de 400 m<sup>2</sup> y 900 m<sup>2</sup>, plantadas a una distancia de 2 x 2 metros y altura promedio de 50 cm. A los 25 años, se detectó diferencias significativas en diámetro y altura de fuste promedio entre ambos métodos, no así entre ellos, con valores de 34,08 y 33,28 cm. promedio en los claros y 29,10 y 30,12 cm. en las fajas. La altura de fuste, fue en promedio de 6,20 y 6,04 m., para fajas de 4 y 8 m., y de 4,03 y 4,11 m., promedio en los claros. El IMA fue de 1,214 cm./año en fajas y de 1,328 en los claros, con un 70% de ejemplares de calidad 1 y 2 en las fajas, y un 50% en los claros. No se observó regeneración de esta especie, siendo la regeneración de especies de interés de baja a moderada, mientras que las especies de escaso valor son abundantes.

**Palabras clave:** Tipa blanca; Fajas, Claros, Comportamiento

## SUMMARY

The objective of the work was to evaluate the behavior of *Tipuana tipu* Benth (Tipa Blanca) in enrichment practices in a high degraded forest, in the Southeast of Formosa, Argentina. To achieve this, strips of 4 and 8 m wide and 100 m. of length were planted at a distance of 2 x 2 meters and an average height of 50 cm; and clearings of 400 m<sup>2</sup> and 900 m<sup>2</sup> were used. After 25 years, significant differences in average diameter and height of the shaft between the two methods were detected, but not between them, with values of 34.08 and 33.28 cm. average in clearings and 29.10 and 30.12 cm. in strips. The height of the shaft averaged 6.20 and 6.04 for the strips of 4 and 8 m., and 4.03 and 4.11 m., average in clearings. The IMA was 1.214 cm. / year in strips and 1.328 on clearings, with 70% of quality specimens 1 and 2 in the strips, and 50% in the clearings. No regeneration of this species was observed, being the regeneration of species of interest from low to moderate, while low-value species are abundant.

**Key words:** Tipa blanca; Strips, Clearing, Behavior

## INTRODUCCIÓN

En la región oriental del parque chaqueño, el proceso agriculturización, desarrollado en los últimos años, por el incremento de los precios relativos de productos agrícolas y la apertura de nuevos mercados, generó el desplazamiento de actividades como la ganadería y el cultivo de soja a estos ambientes, con la consiguiente incertidumbre, sobre la sustentabilidad de estas nuevas actividades, sobre todo en zonas muy vulnerables ecológicamente (SAyDS 2010).

Como consecuencia de este proceso, la tasa de deforestación en la región del parque chaqueño ha aumentado considerablemente, generándose año tras año la desaparición y degradación de extensas superficies boscosas, aspecto este que condiciona su perpetuación como recurso natural, ya que compiten con otras actividades mas rentables en el corto plazo por el uso del suelo.

La degradación del bosque en la mayorías de los casos, se inicia con la sobre explotación y se origina a partir de una compleja interacción de factores ecológicos y socioculturales, como el crecimiento poblacional, necesidades alimentarias y patrones de usos de recursos BAINBRIDGE *et al.* 1990, citado en (PAULI 2003)

Para revertir o mitigar dichos efectos se requieren en primera instancia de medidas políticas, además de la implementación de diferentes estrategias de recuperación y restauración, acorde a los objetivos de manejo, contextos y necesidades de las comunidades locales.

La restauración y enriquecimiento de los ecosistemas forestales alterados y/o degradados, tiene impacto económico, social y ambiental positivo, ya que incorporarían extensas superficies, de baja productividad con riesgo de reconversión a otros usos, diferentes al manejo forestal racional (WEABER 1987).

Por la sobreutilización de los bosques húmedos, se genera una progresiva e irreversible degradación y finalmente sustituidos por otros usos, corriendo el riesgo que los mismos solo permanezcan en áreas marginales para otros usos diferente al de provisión de madera (SENILLIANI *et al.* 2005).

Los bosques son recursos estratégicos para la región fitogeográfica del parque chaqueño, por ser una fuente de producción y generar ventajas competitivas, representando el medio de vida de una gran cantidad de comunidades que viven y habitan en el, por lo que el desmonte para cultivos agrícolas es cortoplacista sin sustentabilidad en el tiempo.

Los bosques nativos de la provincia de Formosa, no están ajeno a esta situación, existiendo desde hace tiempo, como única norma de extracción el diámetro mínimo de corta, tecnologías inadecuadas en el apeo, arrastre y extracción, que originan una progresiva degradación y empobrecimiento de estos ecosistemas.

Este empobrecimiento, ha generado en los bosques, la pérdida de especies, económica y socialmente deseables, además carencia de arboles futuros deseables que permitan la recuperación de estos ecosistema.

Las intervenciones silvícolas consistente en restauración, ordenación y rehabilitación de bosques degradados, se realizan en función a diferentes contextos y percepciones: Como fuente de biodiversidad, deben protegerse y conservarse; manejarlo si el volumen de producción sean mejores que las plantaciones industriales, y una tercera percepción es la que tienen muchas comunidades cuyas culturas y medios de sustento están estrechamente vinculadas al bosque (OIMT 2002)

Por lo que para mejorar a productividad de estos ambientes, y tender a un suministro continuo de bienes, requerirá de intervenciones silvícolas, como las plantaciones de enriquecimiento, en conjunción con la estimulación y conducción de la regeneración natural cuando esta lo permita.

El método de enriquecimiento constituye una alternativa cierta de recuperación de bosque degradado cuando el objetivo es mejorar la composición de la masa arbórea en calidad y cantidad de ejemplares seleccionados, escogiendo especies que por su potencialidad en crecimiento permita una aprovechamiento a corto y mediano plazo de 15 a 40 años (LAMPRECHT 1990).

En este sentido la introducción de especies forestales de valor como la Tipa blanca, en el método de enriquecimiento en fajas, con el objetivo de incrementar el volumen maderable, puede constituirse en una alternativa para recuperar la productividad de estos bosques.

Las aperturas de fajas y/o claros deben ser planificadas en base a características biológicas y requerimientos de las especies a introducir, de modo que los ejemplares logren alturas de copas en las cuales perciban los mejores niveles o condiciones de luz para su desarrollo y evitar competencia de la masa remanente (MONTAGNINI *et al.* 1997).

El objetivo del presente trabajo fue evaluar el comportamiento de *Tipuana tipu* en dos métodos silvícolas de enriquecimiento, uno fajas de 4 y 8 mts. de ancho y claros de 20 x 20 y 30 x 30 mts., practicados en bosque alto degradado.

Los diferentes parámetros indicativos del comportamiento de esta especie, fueron, diámetro normal, altura de fuste, calidad de fuste, sobrevivencia, resistencias a factores adversos, producción individual, por superficie y capacidad de autorregenerarse.

Con estas prácticas consistentes en la introducción de especies típicas de estas formaciones boscosas, de valor comercial en conjunción con la utilización de acciones que promuevan la regeneración de especies típicas del bosque nativo, tienden a aumentar la productividad de estos ambientes y acortar el turno de corta.

Experiencia de enriquecimiento realizados en el sureste de Formosa, en fajas a tala rasa, de 6 y 12 metros de ancho, con *Melia azedarach*, var. Gigantea, han generado resultados alentadores, como también la necesidad de un cuidado posterior a la plantación para evitar importantes pérdida, por factores climáticos adversos (VALENTINI y SCHAEFFER 1978).

La utilización de especies nativas de valor del bosque alto, como el *Handroanthus heptaphyllus* (Lapacho), *Patagonula americana* (Guayaibí), *Gleditsia amorphoides* (Espina corona) entre otras es lo recomendable para este tipo de práctica en la zona, pero requieren de turnos de aprovechamiento de 40 o más años, ser costosos en su implementación, lo que desalientan este tipo de práctica. (OVIEDO *et al.* 2007)

## MATERIALES Y MÉTODOS

El ensayo se realizó en bosque degradado de la localidad de Villa Dos Trece, sureste de Formosa, Argentina, con Latitud 26°09.390 y Longitud 59°20.968.

La temperatura media anual 21°C, presentándose las máximas entre diciembre y enero, heladas entre mayo y agosto, periodo libre de heladas de 350 días. La precipitación promedio anual 1.100 mm., con lluvias entre febrero y mayo, sequías entre noviembre y enero. (BARBONA *et al.* 1999)

Los suelos predominantes son del tipo Haplustol óxico, de textura pesada, presentando un escurrimiento medio, permeabilidad moderadamente a rápida, drenaje moderado y son excepcionalmente anegables. El contenido en materia orgánica es bueno en superficie a regular en profundidad; presenta buena capacidad de retención, no presentando problemas de salinidad y alcalinidad. (Op. cit.).

Las fajas de enriquecimientos fueron de: 4 y 8 m. de ancho y 100 de longitud respectivamente con 20 m. de interfaja, orientación este a oeste, y dos claros de 400 y 900 metros cuadrados, plantadas a una distancia de 2 x 2 m., con plantas de 50 cm. altura promedio, producida en vivero del Instituto de Silvicultura, con semillas de la zona.

Los tratamientos de enriquecimiento fueron: 1) Fajas de 4 x 100 m.; 2) Fajas de 8 x 100 m.; 3) Claros de 400 m<sup>2</sup> y 4) Claros de 900 m<sup>2</sup>.

Se efectuó la eliminación total del estrato herbáceo, especies arbustivas y arbóreas indeseables mediante trozado y extracción, previo a la plantación, realizada en septiembre de 1987, con plantas de 50 cm. altura promedio, con semilla colectada de árboles portagrano de la zona, con tres limpiezas anuales, los tres primeros años en forma manual y control de hormigas.

Para evaluar el comportamiento, se consideró, diámetro normal (DN) a 1,30 m., altura de fuste libre de ramas, porcentaje de sobrevivencia, capacidad de

autoregeneración y calidad de las plantas. Por otra parte se estimó el IMA (definida como la diferencia entre la medición del año dividido el número de años de la plantación, área basal por parcela y por hectárea. Utilizándose un ANOVA y test de Tukey, para detectar diferencias en cada una de las variables analizadas.

En la determinación de la calidad de planta, se consideró, la combinación de categoría de sanidad y forma. La categoría de forma se definieron: Forma 1: Fuste recto sin bifurcaciones; Forma 2: Sin ápice dominante y Forma 3: Bifurcado de 2 o más ápices (DONOSO 1993)

Para determinar el área basal de cada parcela, se consideró, que en una hectárea entrarían 3 fajas y 3 claros de enriquecimientos, con una apertura del bosque, inferior en todos los casos al 30 %.

Previo a la corta final, se eliminó, ejemplares mal conformados, secos y en mal estado sanitario, que no superaron en ninguna de las parcelas el 10%, del total de los árboles existentes.

## RESULTADOS

Al año de plantación la Tipa blanca, presentó un elevado porcentaje de pérdida, como consecuencia de las prolongadas sequías y las heladas. Desmejorando notablemente la calidad del plantín. A los 10 y 25 años, la sobrevivencia fue de 72% promedio, no detectándose diferencias significativas entre los métodos ensayados.

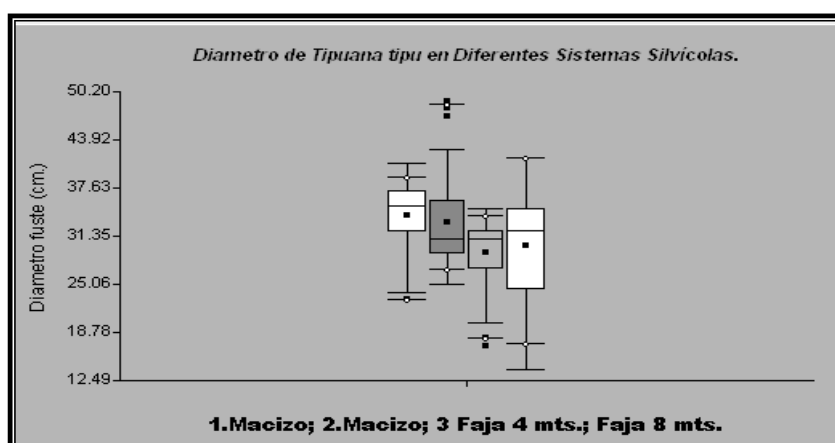
Al cabo de los primeros diez años, los valores de diámetro normal, en los claros de 400 y 900 m<sup>2</sup>., fueron de 13.28 cm. y 14.08 cm., y en las fajas de 4 y 8 m., 11,96 cm. y 12,14 cm., respectivamente. La altura de fuste, fueron de 6,11m. y 5,74 m., para las fajas y de 4,23 m. y 4,21 m. para los claros, respectivamente, detectándose como significativa las diferencias, de ambas variables, para ( $\alpha = 0,05$ ) entre métodos de enriquecimiento, no así entre ejemplares del mismo método.

Los valores más altos en el IMA (incremento medio anual del diámetro) se registraron en los claros de 400 y 900 m<sup>2</sup>, con 1,408 y 1,328 y cm/año y de 1,19 a 1,214 cm./año, para las fajas de 4 y 8 m. respectivamente, siendo significativa entre los dos métodos, no así entre estos.

A los 25 años los ejemplares de Tipuana tipu en los claros presentaron mayores diámetros promedio que las fajas, pero con mayor variabilidad en relación a la faja de 4 m., por otra parte los valores atípicos, se presentan en ejemplares de los claros que corresponde a aquellos que sobresalieron en crecimiento del resto, por mayor exposición solar y menor competencia, valores estos registrados en la faja de menor ancho, pero con ejemplares de escaso diámetro promedio producto del ahogamiento, por competencia de la masa remanente. (Grafico 1).



**Figura. 1** Ejemplar de *Tipuana tipu* en fajas de enriquecimiento de 8 mts. de ancho en bosque degradado.  
**Figure. 1** Example *tipuana tipu* in enrichment strips of 8 m., wide in a degraded forest.



**Gráfico 1** Diámetro de fuste en *Tipuana tipu* en prácticas de enriquecimiento en bosque nativo degradado del sureste de Formosa.

**Graph. 1** Diameter of stem in *Tipuana tipu* in enrichment practices in a degraded native forest of southeast of Formosa

Posterior a la corta de liberación, quedaron 50 % de ejemplares en las fajas y 58 % en los claros. El 82% superó el diámetro de 30 cm. en los claros y 74 % en las fajas. El diámetro promedio fue significativamente superior en los claros de 400 y 900 m. en relación a las fajas de 4 y 8 m., con valores de 33,28 y 34,08cm. y valores de 29,10 y 30,12 cm. respectivamente, no así entre estos. Por otra se detectó como significativa la diferencia de altura de fuste de las fajas en relación a los claros, con valores promedio de 6,20 y 6,04 m. en fajas de 4 y 8 m. 4,03 y 4.11 m., en los claros, no así entre ellos (Gráfico 2).

De los ejemplares remanente el 71.04 % de *Tipuana tipu* en la faja de 4 metros presentó calidad 1; el 59 % en las de 8 metros y 51 y 49 % en los claros de 400 y 900 m<sup>2</sup>., donde aparecen mayor número de ejemplares con deformaciones y ramificaciones a baja altura.

El turno de corta de esta especie en estos métodos, en la zona, de estudio, considerando diámetro mínimo de corta de 30 cm., puede variar en más/menos 25 años, dependiendo del manejo de las plantaciones, cuidados culturales durante los primeros años de instalado el ensayo, calidad de las plantas y condiciones climáticas imperantes en los primeros año de implantación.

El área basal de *Tipuana tipu* en la parcela fue de 3,17, y 3,69 m<sup>2</sup>., en fajas de 4 y 8 y de 4,70 a 5,01 m<sup>2</sup>., en los claros de 400 y 900 m<sup>2</sup>., respectivamente. Si consideramos 3 parcelas/hectáreas el área basal sería de 10,01 y 11,30 m<sup>2</sup>/ha., para las fajas y de 13,06 a 14,04 m<sup>2</sup>/ha. en los claros respectivamente, en métodos de enriquecimiento en bosques alto degradados de la zona.



La productividad en términos bisimétricos, en estas condiciones se duplicaría la existencia de bosque nativo degradado de la zona, cuya área basal varía de

10 a 14 m<sup>2</sup>/ha, con más del 50 % de especies de escaso valor comercial (Tabla N°1)

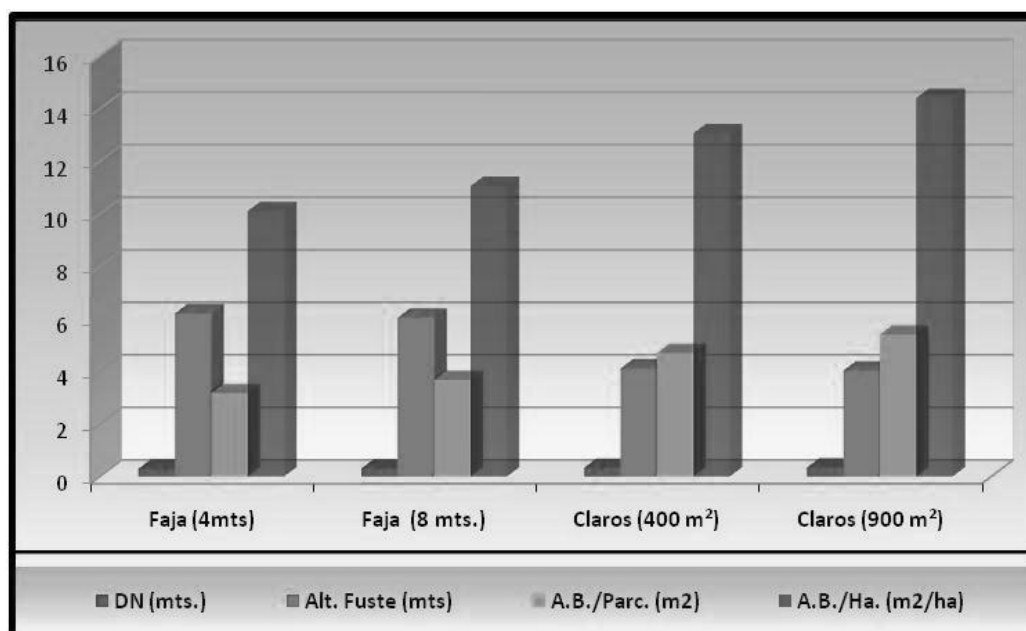


Gráfico. 2 Diámetro, altura fuste y área basal de *Tipuana tipu* en dos métodos de enriquecimiento en el sureste de Formosa, Argentina.

Graph. 2 Diameter, stem height and basal area of *Tipuana tipu* in two enrichment methods in the southeast of Formosa, Argentina

Cuadro N°1: Variables dendrométricas y epidométricas en plantas de *Tipuana tipu* en prácticas de enriquecimiento en bosque alto degradado del sureste de Formosa.

Graph No 1: Dendrometric and of growth meaasurements variables in plants of *Tipuana tipu* in enrichment practices in a high degraded forest in the southeast of Formosa

Método	Dist.	DN	D.E.	Alt.	D.E.	Á.B. (tot.)	A.B./ha (tot.)	IMA(cm/año)
enriquecimiento	Plant.	(cm.)		Fuste		Parcela	estimada	
Faja (4mts)	2 x 2	29,10	4,214	6,20	1,42	3,17	10,11	1,164
Faja (8 mts.)	2 x 2	30,12	7,106	6,04	1,29	3,69	11,30	1,204
Claros (400 m²)	2 x 2	33,28	5,548	4,11	1,14	4,70	13,06	1,338
Claros (900 m²)	2 x 2	34,08	5,898	4,03	1,13	5,01	14,04	1,363

No se ha observado regeneración de *Tipuana tipu* en ninguno de los métodos de enriquecimiento, si de ejemplares de segunda categoría, que son los más abundante, registrándose más de 100 individuos/ha., mayores a 10 cm. de diámetro; entre los que merecen mencionarse, *Trichilia catigua*, *Eugenia pungens*, *Holocalix balansae* y *Diplokeleba floribunda*; y menor a 50 individuo/ha., de especies deseadas y de interés como *Phyllostylon rahmnoides*; *Patagonula americana*; *Gleditsia amorphoides*; *Maclura tinctoria* y *Handroanthus heptaphyllus*.

En relación a la calidad de la planta de *Tipuana tipu* considerando la sanidad y forma de fuste predominó la calidad 1 y 2 con un 71,4% en las fajas de enriquecimiento, siendo significativa la diferencia con los ejemplares de los claros que alcanzaron un 50,07 % promedio.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Para asegurar un buen porcentaje de sobrevivencia de *Tipuana tipu* en sus primeros estadios de crecimiento, para enriquecer bosque nativo degradado en la zona sureste de Formosa, se debe plantar en coincidencia con periodos lluviosos o suficiente humedad en el suelo.

En las faja, se requiere de cuidados culturales posterior a su instalación, con mayor periodicidad, sobre todo eliminación del dosel superior, en sus tres primeros años de instalado, para evitar la excesiva competencia de la masa nativa remanente y el efecto túnel que ahogan a las pequeñas plantas.

Si el propósito es producir madera de buen fuste y de mejor calidad, conviene utilizar fajas de 4 metros de anchos, que han obtenido los mejores ejemplares de *Tipuana tipu* pero si el objetivo es obtener diámetro en el menor tiempo posible se debe realizar la plantación en claros o fajas de mayor ancho.

Con esta especie, se puede incrementar la productividad de bosque alto degradado, de 13 a 15 m<sup>2</sup>/ha., ocupando como máximo un 30 % de superficie boscosas, duplicando la existencia, de este tipo de bosque, que en la zona es de 10 a 15 m<sup>2</sup>/ha. aproximadamente.

La tipa blanca no regenera en estos sistemas, tampoco impide la instalación de especies de valor del bosque nativo, pero para su afianzamiento, requieren de intervenciones, ya que la existencia es de baja, en relación a las especies de menor importancia comercial, que son muy abundantes y se posicionan del lugar.

Con mejores condiciones de manejo, se puede acortar el turno de corta, en menos de 25 años, pudiendo aumentar aún más la productividad de los bosques nativos degradados.

Por último queda pendiente por investigar, otros anchos de fajas y claros, incorporar densidades de plantaciones diferentes, incidencia de las paredes

laterales en el mayor o menor crecimiento, utilizar diferentes tipo de especies y establecer el costo de cada practica.

## BIBLIOGRAFÍA

ALVAREZ, C. ; Lara, A. (2008): Crecimiento de una plantación joven en fajas con especies nativas en la Cordillera de Los Andes de la provincia de Valdivia Universidad Austral de Chile, Instituto de Silvicultura, Valdivia, Chile, BOSQUE 29(3): 181-191.

BARBONA, C. y colaboradores. (1999) Atlas de suelo de la República Argentina. Caracterización de Suelos de la Zona Sur de la Provincia de Formosa- Convenio INTA El Colorado- Ministerio de la Producción de Formosa.

DONOSO; L. (1993) Bosques templados de Chile y Argentina. Variación, estructura y Dinámica. Editorial Universitaria. Santiago de Chile, 485 pag.

LAMPRECHT, M. 1990. Silvicultura de los bosques tropicales. GTZ. Disponible en <https://books?isbn=997797359> Pag. 329. Encontrado Abril 2016.

MONTAGNINI F, B Eibl, L Grance, D Maiocco, D Nozzi 1997. Enrichment planting in overexploited subtropical forests of the Paranaense region of Misiones, Argentina. *Forest Ecology and Management* 99. Pp. 237-246.

MELI, P. (2003) Restauración ecológica de bosques tropicales: Veinte años de experiencias en investigación. INTERCIENCIA. Vol. 28. N° 10. pp. 581-589.

OVIEDO, M. A.; Perez, O. W.; Sirka, C. E.; 2010 Enriquecimiento de bosque nativo con *Tabebuia heptaphylla* (Bell.) Toledo, en diferente distanciamiento 14° Jornadas Técnicas Forestales y Ambientales. El Dorado, Misiones pp. 60-66.

ORGANIZACIÓN INTERNACIONAL DE LAS MADERAS TROPICALES (OIMT) (2002) Serie de Políticas Forestales N° 13 Directrices de la OIMT para la restauración, ordenación y rehabilitación de bosques tropicales secundarios y degradados.

SECRETARIA DE AMBIENTE Y DESARROLLO SUSTENTABLE DE LA NACIÓN. SADYS (2010) Aportes metodológicos para el cálculo del costo de oportunidad del uso del suelo forestal. Componente bosque nativos y su biodiversidad.

Proyecto MSRN – BIRF 7520 AR. Buenos Aires, Argentina.

SENILLIANI, M.G; Gómez, C.; Brassiolo, M. (2006) Enriquecimiento con Ibirá puita guazú (*Peltophorum dubium* spreng) en la región del Chaco sub húmedo. Actas 1º Jornada Taller julio 2006.

VALENTINI, J.A.Y Schaeffer, P.G. 1978. Alternativa forestal para la región del parque Chaqueño. Actas del Tercer Congreso Forestal Argentino. Delta del Paraná, Buenos Aires. PP. 137-141

WEABER, P. L. (1993), Secondary Forest Management PP. 117 -128 IITF. USDA – ForestService Puerto Rico.

# LA INVESTIGACIÓN OPERATIVA, LA INGENIERÍA FORESTAL Y LOS PROBLEMAS SECTORIALES: ANTE LA NECESIDAD DE UN CAMBIO DE PARADIGMA

OPERATIONAL RESEARCH, FORESTRY ENGINEERING AND SECTORAL PROBLEMS: CONSIDERING THE NEED FOR A CHANGE OF PARADIGM

Fecha de recepción: 16/09/2016 // Fecha de aceptación: 02/05/2017

## Diego Broz

Facultad de Ciencias Forestales, UNaM. Calle Bertoni 124, Eldorado, Misiones, Argentina. Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), Bahía Blanca Buenos Aires, Argentina. Email: diego.broz@uns.edu.ar

## Patricio Mac Donagh

Facultad de Ciencias Forestales, UNaM. Calle Bertoni 124, Eldorado, Misiones, Argentina. Email: mdonagh@facfor.unam.edu.ar

## Julio Arce

Departamento de Ciências Florestais, UFPR. Av. Prof. Lothário Meissner, 900 - Campus III Jardim Botânico, Curitiba, Brasil. Email: jarce@ufpr.br

## P. Yapura

Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, UNLP. Avda. 60 y 119 - S/Nº, La Plata, Buenos Aires, Argentina. Email: ypf@agro.unlp.edu.ar

## Daniel Rossit

### Diego Rossit

### Antonella Cavallín

Departamento de Ingeniería, UNS. Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), Bahía Blanca Bs As, Argentina. Email: daniel.rossit@uns.edu.ar; diego.rossit@uns.edu.ar; antonella.cavallin@uns.edu.ar

## RESUMEN

La Investigación de Operaciones (IO) presenta los fundamentos adecuados para resolver problemas de organizaciones complejas, siendo un soporte que contribuye a la toma de decisiones que conducen a un fin lo más favorable posible para el sistema. El sector forestal se caracteriza por la multi-dimensionalidad de sus sistemas, desde la gestión de las masas hasta aspectos de logística y aprovechamiento de los recursos forestales. Bajo este contexto la IO es el enfoque versátil y robusto para abordar los problemas de dichos sistemas. A partir de un análisis contextual se concluye que la IO es una herramienta de gran utilidad para el ingeniero forestal, lo cual fundamenta la incorporación de la asignatura en el plan de estudio de la carrera.

### Palabras

herramientas de soporte a las decisiones, programación matemática, competitividad profesional

### Clave:

## SUMMARY

Operations Research offers the proper scientific foundation to solve complex organizational problems, giving substantial support to the decision-making process that leads to the most favorable ending for the system. The forestry sector is characterized for dealing with multi-dimensional systems, being necessary to consider from forest mass management to logistics distribution and efficient forest resources' usage. Under this scenario, Operations Research presents a versatile and robust approach to deal with the forestry systemic problems. Based on a contextual analysis, we conclude that Operations Research is a useful and enriching tool for the forestry engineer and, therefore, we strongly recommend its implementation on the university curricula.

### Key Words:

Decision support tools, mathematical programming, professional competitiveness.

## INTRODUCCIÓN

A partir de la revolución industrial, el mundo ha sido testigo de un crecimiento importante del tamaño y la complejidad de las organizaciones. Esto hace que sea difícil asignar los recursos disponibles a las diferentes actividades de una manera eficiente. El continuo aumento en la complejidad de los sistemas trajo aparejado problemas nuevos en numerosas organizaciones; algunos de los cuales aún hoy perduran sin haberse encontrado una solución satisfactoria, sobre todo en el sector forestal y foresto-industrial. Una de las herramientas más poderosas que permite modelar un sistema complejo, resolverlo y asignar dichos recursos de la mejor manera posible es la *Investigación de Operaciones* (IO).

Si bien el origen de algunas técnicas de IO se remonta a 1564, fue durante la Segunda Guerra Mundial donde se dio un punto de inflexión en el desarrollo de la IO por sus aplicaciones con fines militares vinculado a, entre otras cuestiones, la necesidad de asignar recursos escasos a las distintas maniobras militares y a las actividades que componían cada operación. La administración militar reunió a científicos (especialmente matemáticos, físicos e ingenieros) para que realizaran *investigaciones sobre las operaciones militares*, siendo éste el momento donde se acuñó el nombre para esta disciplina. Debido al éxito de la IO en la guerra, ésta fue llevada a los ámbitos civiles como ser organizaciones industriales, de negocios y del gobierno. Es importante recalcar que esto no sería posible sin los aportes pioneros de George Dantzig en el año 1947, el *Método Simplex*, y los avances en el campo de la computación (Hillier y LIEBERMAN, 2010). En la actualidad, en muchos estamentos de I+D+i se refieren a la IO con el término *management science* o *ciencia de la administración* como sinónimo, incluso en algunos casos se utiliza directamente el término *optimización*.

En este trabajo se realizó un análisis sobre la aplicación e importancia de la IO en el sector forestal, en la formación del ingeniero forestal y su desempeño profesional; además se brinda una perspectiva de algunos problemas del sector (operaciones, cadena de suministro, etc.) y de la investigación operativa como núcleo de un *Sistema de Soporte a las Decisiones* (ó DSS por sus siglas en inglés *Decision Support System*) para abordar dichos problemas. Aunque el desarrollo de la IO en el sector forestal no ha alcanzado la extensión que poseen otros campos, no debe dejar de considerarse el potencial de aplicación que dicha herramienta puede aportar al sector. Especialistas en IO se han ocupado de diferentes problemas relacionados con la planificación forestal, cadena de suministro, transporte, planificación de la producción industrial, lucha contra los incendios forestales y plagas, entre otros aspectos que intervienen en la producción y utilización de la madera y demás productos del bosque. Esto pone en evidencia la

necesidad de contar con profesionales con sólidos conocimientos en IO para que puedan tomar decisiones sobre cualquier sistema complejo, ya sea natural o artificial.

## METODOLOGÍA

Existen varias áreas de investigación científica dependiendo del método y de los fines que se persiguen. En este caso de estudio, se desarrolló una investigación del tipo descriptiva. Según TAMAYO (2003) ésta comprende la descripción, registro, análisis e interpretación de la naturaleza actual y de la composición o procesos de los fenómenos. El enfoque se hace sobre conclusiones dominantes o sobre cómo una persona, grupo o cosa se conduce o funciona en el presente. Su objetivo es describir la estructura de los fenómenos y su dinámica e identificar aspectos relevantes de la realidad (RIVERO, 2008). En este trabajo, se plantea una investigación documental o investigación basada en fuentes secundarias en la cual se pretende analizar documentación, fenómenos y manifestaciones de la realidad actual relacionadas con la IO en el área forestal.

## REVISIÓN Y DISCUSIÓN

### La logística como herramienta de competitividad

Hasta los años 80 cada uno de los componentes de la red logística operaba en forma relativamente independiente, constituyéndose cada uno en un compartimento estanco. Dado el aumento de la complejidad de los sistemas, producto de la globalización, las actividades empezaron a integrarse bajo la organización logística. Importantes desarrollos científicos permitieron acelerar esta integración y mejorar el desempeño de cada uno de los agentes del sistema, y también, al sistema como un todo. El área de investigación y desarrollo en lo que respecta a la logística y, especialmente, a las SCM (*Supply Chain Management*) en Argentina es muy incipiente. Este aspecto es un reflejo de la poca competitividad de los mercados nacionales en algunos sectores. Según GONZÁLEZ *et al.* (2008), en la Argentina, los costos de logística representan el 27% del PBI, en Brasil 26%, en Colombia 23%, en Chile el 18%, en USA el 9,5% y, en promedio, en la OECD<sup>2</sup> representa un 9%. Si bien no hay trabajos que desagregan los costos logísticos para Argentina, JUNIOR *et al.* (2014) plantea, para el caso de Brasil, que el 60% corresponde al transporte, 28% al stock, 7% amortizaciones y los restantes 3% a los gastos administrativos. Según Schwab (2014), la Argentina ocupa el puesto 104, sobre un total de 144

<sup>2</sup> La *Organization for Economic Cooperation and Development* (OECD) es un organismo que está compuesta por 35 estados, con sede en Francia.



naciones, en el ranking de competitividad global 2014-2015, siendo las principales causas de tan bajo posicionamiento la infraestructura y el tipo de transporte utilizado. En el mismo informe se menciona que una infraestructura extensiva y eficiente es crítica para asegurar el funcionamiento de la economía. Este es un factor importante en la localización de actividades económicas, el tipo de actividad y el sector involucrado, contribuyendo al desarrollo del país, ya que permite el flujo en la cadena de suministro.

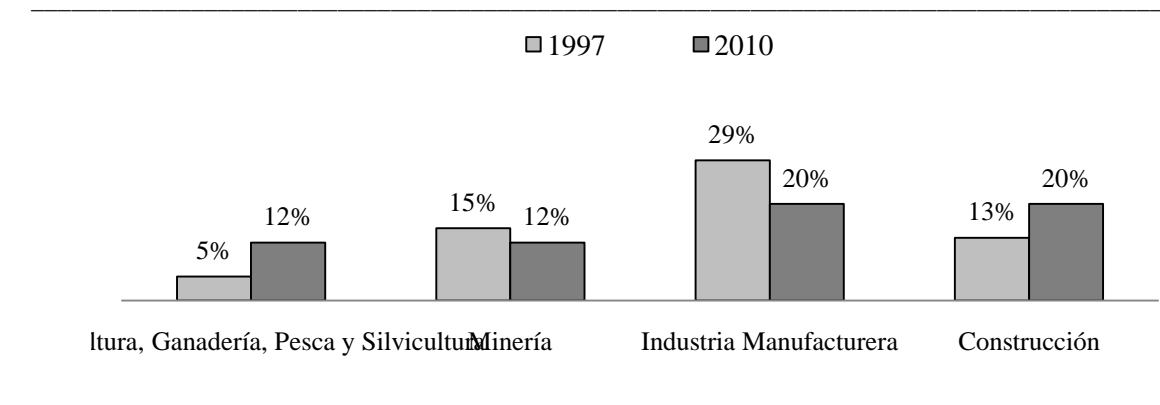
La vinculación entre logística y competitividad refiere a la capacidad de capturar valor a partir de disminuir los costos y hacer más eficiente los procesos de abastecimiento, producción y comercialización de bienes. Esto es de suma importancia tanto en el sector privado, como en el sector público. Para el sector privado, los progresivos incrementos en los costos, conllevan la necesidad de repensar estrategias tendientes a incrementar los actuales niveles de competitividad y sostener la rentabilidad. En tal sentido, la tendencia de los proveedores de carga no es minimizar el costo del transporte, sino sus costos logísticos totales, e ir integrando paulatinamente sus SCM, tanto en tráficos locales como internacionales. Por otro lado, desde el ámbito público, la planificación del sistema logístico se funda en la premisa de articular una serie de objetivos complementarios, tal como: reducción de costos, competitividad cambiaria, abastecimiento de los mercados internos, infraestructura y transporte multimodal (CANITROT Y GARCÍA, 2012).

El primer y más importante componente de la SCM es el transporte. En Argentina, el costo de la transporte de mercaderías por camión es 3 y 5 veces más alto que el empleado en los trenes y barcos respectivamente (MARTINEZ *et al.*, 2014). Para traslados de más de 1.000 km, el crecimiento de los costos de transporte en camión, se explica principalmente –aunque no exclusivamente– por las subas en el precio del combustible y en menor medida por la mano de obra.

Según CAÑETE (2011) en Argentina el 84% de la mercadería se traslada por camión, esto implica que ocho de cada diez productos de cualquier rama de actividad, utiliza a lo largo de su cadena de valor al menos dos veces el camión. Por este motivo, el mismo autor expone que el costo de transportar un contenedor de 20' y 10t desde Singapur o Shangai a Buenos Aires (USD 1.800) es más económico que llevarlo desde Buenos Aires a Salta (USD 2.200).

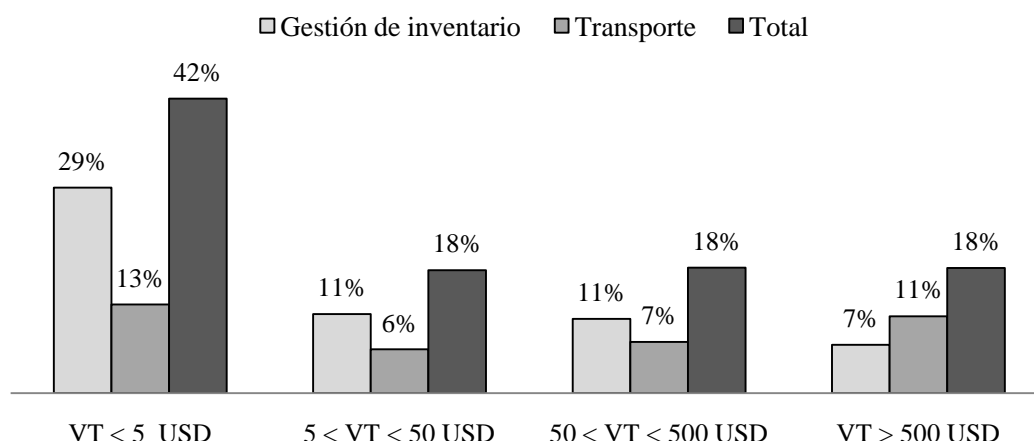
En Argentina, el costo logístico sectorial es dispar, por un lado, en las actividades primarias como la agricultura, ganadería, pesca y silvicultura, este costo representa el 12% del valor agregado. Por otro lado, en la construcción y en la industria manufacturera, esta incidencia es del orden del 20% (Figura 1).

En relación al costo logístico y el tamaño de las organizaciones, en la Figura 2 se aprecia que los mismos representan un 42% de las ventas totales (VT) en las empresas de menor tamaño, de los cuales el 12,7% corresponde al transporte y distribución y el 29,4% al almacenamiento y gestión de inventarios. Por otro lado, para empresas con un nivel de ventas superiores a USD 5.000.000 anuales, los costos logísticos oscilan en torno a 18%.



**Figura 1. Costos logísticos en Argentina por sector de actividad, como porcentaje del Valor Agregado (Fuente: Canitrot y García, 2012).**

**Figure 1. Logistic costs in Argentina by sector of activity, as a percent of Added Value.**



**Figura 2. Costos Logísticos promedio en América Latina, por componente como porcentaje de las ventas totales (Fuente: Canitrot y García, 2012).**

**Figure 2. Average logistics costs in Latin America, by component as a percentage of total sales.**

## Logística forestal e investigación operativa

Los aspectos relacionados con la infraestructura y la logística así como la disponibilidad de recursos energéticos condicionan en ocasiones la factibilidad de determinadas producciones a costos competitivos. En este aspecto, el sector forestal y sus industrias afines, motores de la economía del noreste argentino, es uno de los más afectados por estos problemas.

Entre las provincias de Misiones y Corrientes se concentra el 80% de la producción forestal del país. El conglomerado productivo cuenta con más de 1.000 unidades fabriles, de las cuales más del 98% corresponden a PyMES. Estas provincias cuentan con el potencial para hacer de la actividad forestal una de los sectores económicos más competitivos y dinámicos de la región. Sin embargo, la paulatina caída de los mercados externos, vía la merma de la demanda de Estados Unidos, España y otros países, junto con el aumento de los costos internos han ido configurando un escenario muy diferente al encontrado en el 2006, considerado como el pico de la actividad exportadora. Además, el aumento de los costos internos provocó que la actividad sea menos competitiva frente a otros mercados, especialmente frente a nuestros países vecinos. Brasil, Chile o Uruguay, nuestros principales competidores, mantienen o han aumentado su participación exportadora (MAC DONAGH *et al.*, 2012). Según la AFOA (2015) el costo de la logística representa el valor FOB en 30% para el caso de Argentina, 17% para Uruguay, 9% para Brasil y 7% para Chile; en otras palabras, el costo de exportar un contenedor de madera desde Misiones, principal zona forestal del país, es 3,3 y 4,2 veces más caro que exportarlo desde Brasil y Chile respectivamente.

Mejorar la competitividad de este sector implica establecer políticas de estado que se enmarquen en líneas de acción sustentadas por herramientas para la toma de decisiones. En este contexto, la aplicación de técnicas de IO juega un rol central por versatilidad y robustez. Por tal motivo, queremos revisar las principales contribuciones en el campo específico de la gestión forestal. ARCE (1997), por ejemplo, desarrolla un sistema de programación de transporte de productos forestales con el objeto de minimizar los costos, mediante programación lineal, y tiempos ociosos de los camiones, mediante programación dinámica. ARCE (2000) presenta un modelo de simulación y optimización del trozado del fuste con base en la demanda de los clientes (aserraderos, laminadoras, planta de celulosa, etc.) y los costos del transporte. En este caso, el DSS está integrado por dos módulos, por un lado un Módulo Generador de Patrones de Corte, con base en un algoritmo heurístico; y, por otro lado, un Módulo Global de Optimización de Surtido, con base en programación dinámica. El primero módulo identifica las potenciales estrategias de trozado y el segundo módulo determina la combinación que maximiza el valor económico del producto. GUNNARSSON *et al.* (2007) presentan un modelo matemático de la cadena de suministro que incluye un gran número de variables continuas y un conjunto de variables binarias para reflejar las decisiones sobre la combinación de productos y selección pedido del cliente. El modelo permite definir el programa de transporte de materias primas procedentes de las zonas de cosecha a las fábricas, el mix de productos, la demanda y la distribución de los productos a los clientes. CHAUHAN *et al.* (2009) plantean, por su parte, un modelo basado en programación mixta-entera que minimiza los costos de cosecha y transporte bajo

restricciones de satisfacción de la demanda. El objetivo de fondo es comparar la performance de dos técnicas de resolución, una heurística y otra numérica. Finalmente concluye que la técnica numérica presenta una mejor performance en escenarios medianos-grandes. Yu *et al.* (2014) exponen un modelo basado en programación mixta-entera para la planificación de una cadena de suministro en tres niveles, siendo los rodales el nivel más alto, seguido por las estaciones de pre-tratamiento y finalmente las plantas generadoras de energía. El objetivo del modelo es la determinación de un programa de cosecha y flujo de biomasa para energía que minimice los costos de cosecha, transporte, procesamiento previo de la biomasa y stock. CAMPANELLA *et al.* (2014) propone un modelo multiobjetivo de programación mixta-entera lineal para el diseño sustentable de la cadena de suministro, teniendo en cuenta variables económicas y ambientales mediante la metodología *Epsilon Constraint*. El modelo de optimización permite resolver el diseño óptimo de una cadena de suministro, permitiendo identificar los posibles lugares de instalación de las plantas, el tipo de producto a elaborar y los flujos entre los nodos. SHABANI *et al.* (2014) abordaron el problema de la SCM para el caso en el que la biomasa de la madera está destinada a la producción de electricidad. Estos proponen un modelo basado en programación no lineal mixta-entera para la SCM definiendo como objetivo minimizar los costos. Esta herramienta permite encontrar el escenario óptimo y evaluar diferentes configuraciones. BROZ (2015) propone un modelo multiplanta, multiproducto, multiobjetivo y multiperíodo para una SCM en la cual se incorporan aspectos de manejo forestal de nivel táctico y estratégico, aspectos de logística y ambientales. TRONCOSO *et al.* (2015) presenta un modelo, con base en programación mixta-entera, para la gestión para empresas integradas verticalmente. El objetivo de la herramienta es determinar qué rodal cosecha, cuándo, dónde enviar la materia prima y los distintos productos terminados. Mediante este trabajo se determinó que la gestión en la que se integra el bosque, la industria y los consumidores presenta una mejor performance que una gestión independiente.

### Planificación forestal e investigación operativa

Para MEYER *et al.* (1961), el manejo forestal es el arte y la técnica que permite organizar la producción forestal con una base de rendimiento continuo. La planificación forestal se divide en niveles; en el nivel más alto de la jerarquía se encuentran los procesos de *planificación estratégica*, con un horizonte de planificación superior a 30 años. En ésta, se fijan los objetivos a largo plazo y se definen las condiciones bajo las cuales se debe operar. Se definen como decisiones estratégicas: políticas globales de manejo, definición de capacidad de producción, selección de

productos finales, adquisición de recursos, entre otras. Por otro lado, la *planificación táctica*, definida en un horizonte entre 3 a 10 años, busca programar las operaciones de cosecha, especificando áreas en una escala de tiempo más fina. Son decisiones tácticas: lugar y momento de aplicación de los tratamientos silvícolas, la construcción de caminos forestales y/o mantenimiento de las vías existentes, entre otras. Finalmente, en la *planificación operativa* se definen programas a corto plazo, generalmente menor a 3 años. Se define como decisiones operativas: la planificación de las siembras y plantaciones, el transporte forestal, la selección y localización de maquinaria de cosecha, la organización del capital humano, los arreglos de caminos, entre otras (BROZ, 2015; BETTINGER *et al.*, 2009).

En la actualidad existe una gama de desarrollos que apuntan a abordar distintos problemas de gestión forestal. Dentro de las primeras aplicaciones de IO en la temática podemos mencionar a GILMORE y GOMORY (1961), quienes aplican Programación Lineal (PL) para resolver problemas de trozado de fustes o *cutting stock problem*. CURTIS (1962) propone un modelo de PL para la gestión de propiedades forestales. Johnson y Scheurman (1977) sintetizan y analizan en su trabajo dos modelos de gestión, denominado Modelos Tipo I y II, que sientan la base del ordenamiento sustentable. Barros y WEINTRAUB (1982) desarrollan un modelo de planeamiento para industrias verticales demostrando la necesidad de que las áreas de producción de madera sean divididas en clases o áreas con propiedades uniformes.

Dentro de las aplicaciones más recientes podemos mencionar, por ejemplo, a DÍAZ-BALTEIRO *et al.* (2009), quienes plantean un modelo de planificación de la cosecha, mediante programación por metas, en plantaciones de *Eucalyptus globulus* Labill en Galicia, España. En este caso en particular, los autores utilizan el modelo tipo II propuesto por JOHNSON Y SCHEURMAN (1977), el cual supone igual productividad en todos los rodales ya que admite una sola función de crecimiento para todo el sistema. Por su parte, VERDÍN *et al.* (2009) proponen una metodología para analizar y resolver un problema forestal que involucra el manejo de varios bienes y servicios del bosque en una propiedad pública en México. Para esto, los autores tomaron en cuenta la opinión de productores y técnicos forestales para construir funciones de respuesta para diez objetivos. Mediante programación por compromiso determinaron la mejor combinación de esas variables. ALDEA *et al.* (2014) proponen un procedimiento para la integración de varios servicios ecosistémicos en la gestión forestal multicriterio. Los criterios seleccionados para el modelo son: producción de madera, producción de hongos silvestres comestibles, captura de carbono, valor presente neto de la inversión y, finalmente, la sostenibilidad del manejo forestal definido por un bosque normal. GIMÉNEZ *et*

*al.* (2013) proponen un método secuencial basado en programación por metas extendida para el manejo de plantaciones con fines industriales de *Eucalyptus globulus* Labill. Se definieron como metas el VAN, volumen de madera cosechada y la captura neta de carbono. En este caso se generan varias alternativas de manejo y posteriormente se establece un ranking de acuerdo a la sostenibilidad de alternativa. MÉNDEZ (2013) formula un modelo de optimización multiobjetivo en el cual incluye la producción maderera y el secuestro de carbono para una plantación de teca (*Tectona grandis* L.). El resultado es un plan de cortas que indica cuáles rodales deben aplicarse y a qué intensidad en cada período. Debido a la complejidad y uso de relaciones no lineales, se deben utilizar meta-heurísticos como Algoritmos Genéticos y Simulated Annealing.

Otra herramienta de mucha utilidad es la simulación estocástica a través del Método Montecarlo (HILLIER Y LIEBERMAN, 2010). Este es un método estadístico-numérico utilizado para evaluar expresiones matemáticas que son complejas y costosas de llevar a cabo mediante métodos analíticos, como por ejemplo el Algoritmo Simplex. ACUÑA Y DRAKE (2003) aplican el MC para analizar el riesgo de una inversión forestal debido a que consideran que las decisiones basadas en escenario determinista son poco realistas. Estos autores consideran como factores de riesgo el precio de los productos, la tasa de descuento y los costos. DEL RÍO *et al.* (2003) utiliza el MC para estudiar los índices de diversidad estructural en la masas forestales. RODRIGUEZ Y DÍAZ-BALTEIRO (2006) utilizan técnicas como la programación dinámica y la simulación Montecarlo para optimizar tanto la duración como el número de rebrotes en plantaciones de *Eucalyptus spp.* en base a distintos contextos.

### La foresto-industria e investigación operativa

Si bien se puso en relieve el rol de la IO en la logística y planificación forestal, bajo distintos enfoques, especies y contextos, existe un sinfín de aplicaciones en otros sectores de la cadena de valor que vale la pena mencionar. Por ejemplo, MANESS Y NORTON (2002) describen un sistema de planificación para múltiples productos con valores y demanda fluctuante, por medio del cual establece políticas óptimas de gestión de un aserradero. GAUDREAULT *et al.* (2010) presentan una herramienta de gestión para un aserradero, definiendo un programa de producción que minimiza la acumulación de stock y penaliza las demoras en satisfacer pedidos. El programa optimiza el aprovechamiento de las cámaras de secado y minimiza los costos de acabado de productos terminados. BEN ALI *et al.* (2014) proponen una herramienta para la gestión de la cadena de valor de los productos forestales que integra las operaciones y las ventas en función a los precios y las demandas estacionales. BAJGIRAN *et al.* (2014) desarrolla una herramienta,

con base en programación mixta-entera, para mejorar la cadena de valor de la madera, desde la compra de rollos, el envío a las plantas, el proceso de aserrío y la distribución en el mercado por los distintos canales. El objetivo es establecer un plan integral que minimice los pedidos atrasados y los costos totales. VARAS *et al.* (2014) proponen un modelo de optimización robusto, basado en el modelo determinístico de MATURANA *et al.* (2010), para la planificación de la producción de un aserradero en donde hay incertidumbre en los niveles de suministro de troncos y de la demanda de los productos terminados. RAFIEI *et al.* (2015) plantean un modelo numérico para la planificación de una planta de remanufactura de madera, en la que hay incertidumbre sobre la demanda, y en la que los tiempos de preparación dependen de la capacidad y de la secuencia de producción. El propósito es incrementar el nivel de servicio y mantener los niveles de stock en un tamaño razonable. TRONCOSO MATAMOROS (2015) propone una herramienta que permite optimizar la utilización de la materia prima y la capacidad instalada en las plantas de producción. Para esto el autor propone implementar una herramienta que incorpore una lógica de negocio a través de programación matemática, para apoyar la toma de decisiones en el proceso, acompañado de un rediseño que mejore la coordinación entre los distintos actores involucrados e inserte la herramienta en la arquitectura de procesos de la empresa. Finalmente, dentro del campo de la simulación dinámica, WOITSCHACH (2014) utiliza una herramienta, con base en *Visual Interactive Modelling Simulation* (VIMS), para determinar la utilización de las máquinas principales en un aserradero en orden a incrementar la eficiencia de los sistemas de producción.

### Gestión de sistemas e investigación operativa

Con las herramientas que integran la IO es posible abordar todo tipo de problema, desde aspectos macro como un ecosistema hasta aspectos micro como procesos biológicos, en donde intervienen microorganismos como bacterias y virus. Con el fin de ilustrar esto podemos mencionar, por ejemplo, el trabajo de SENANTE *et al.* (2013), el cual se plantea un modelo de optimización para la gestión de recursos hídricos en cuencas deficitarias integrando múltiples ofertas, múltiples demandas de agua y las conexiones físicas correspondientes. Integración de aspectos de IO y gestión de cuencas hídricas podemos encontrar en DUAN *et al.* (1994), SRIVASTAVA *et al.* (2002), SRIVASTAVA *et al.* (2003), entre otros.

Debido al carácter multidimensional de los sistemas, ya sea un ecosistema, bioma, comunidad, o cuenca hidrográfica, las técnicas multicriterio suelen ser las más recomendadas debido a la flexibilidad de incorporar varios objetivos. Para MEZA-RODRÍGUEZ *et al.* (2011) y RUIZ Y ABARZÚA (2010) las técnicas multicriterio son una herramienta para la solución de los problemas espaciales complejos ya que facilita la



obtención, gestión, manipulación, análisis, modelado, representación y salida de información, siendo un instrumento versátil y potente para resolver problemas complejos del territorio. En la actualidad existe una gama de paquetes libres y comerciales que sirven de apoyo a las distintas instituciones para establecer políticas o planes de gestión a nivel comunitaria o territorial. El Marco para la Evaluación de Sistemas de Manejo de recursos naturales incorporando Indicadores de Sustentabilidad (conocido como MESMIS<sup>3</sup>) es una herramienta de este tipo. MESMIS ayuda a evaluar la sustentabilidad de sistemas de manejo de recursos naturales, con énfasis en el contexto de los productores campesinos y en el ámbito local, desde la parcela hasta la comunidad, integrando desde aspectos económicos hasta ambientales.

En RÖNNQVIST *et al.* (2015) se presenta la contribución y aplicación de la IO en el sector forestal a partir de un análisis de 33 problemas típicos del sector, desde manejo forestal, cadena de suministros, modelos multiobjetivo, enfoques determinísticos y estocásticos. Esta lectura permite contemplar aspectos que escapan de este artículo y enriquecen al lector dando una visión holística sobre el potencial de la herramienta y, en consecuencia, la necesidad de un desarrollo a nivel local.

## CONCLUSIONES

La IO es hoy en día, y desde hace algunas décadas, una de las herramientas de gran efectividad como soporte a las decisiones. Esta afirmación se encuentra respaldado por la mejora de la eficiencia en numerosos ámbitos en distintos casos alrededor del mundo, desde la logística, finanza, economía, sector forestal, foresto-industria, entre otras.

El ingeniero forestal tiene como campo de acción la gestión de sistemas complejos como plantaciones forestales con fines industriales, bosques nativos, operaciones de cosecha, industrias forestales, cuencas hidrográficas, entre otros. En los mismos es imposible tomar buenas decisiones sin tener en cuenta los principales aspectos que lo gobiernan. Para lograr esto, se debe abstraer o simplificar el sistema mediante un modelo matemático y de esta manera reducir el sistema real a un número finito de factores. Esto permite al profesional forestal experimentar sobre el sistema abstracto y tomar la mejor decisión posible. Es importante recalcar que la IO no busca reemplazar al profesional, sino apoyar su decisión en un marco científico, minimizando el “arte” en la toma de decisión.

Por lo expuesto en este documento, se considera que la IO es una asignatura con un futuro muy promisorio en la formación del ingeniero forestal y cuenta con respaldo suficiente para formar parte de la

currícula de dicha carrera. La IO brinda las herramientas para la toma de decisiones en diferentes áreas de la ingeniería forestal, como ser: cosecha forestal, ordenamiento forestal, economía forestal, administración forestal, ordenamiento de cuencas hidrográficas, protección forestal, silvicultura, industrias forestales, entre otras. Además, aspectos de la IO como la optimización lineal, no lineal, mixta-entera y algoritmia dan pie a abordajes particulares en áreas como ecología, planificación del paisaje y procesos biológicos, entre otros.

## BIBLIOGRAFÍA

ACUÑA E.; Drake F., 2003. Análisis del riesgo en la gestión forestal e inversiones silviculturales: una revisión bibliográfica. *Bosque*, 24(1), 113-124.

AFOA, 2015. Propuesta de políticas públicas quinquenio 2015/2020. Asociación Forestal Argentina. En [http://www.afoa.org.ar/novedades\\_detalle.php?p=103](http://www.afoa.org.ar/novedades_detalle.php?p=103), consultado en el mes de diciembre del año 2015.

ALDEA, J.; Martínez-Peña, F.; Romero, C.; Diaz-Balteiro, L., 2014. Participatory Goal Programming in Forest Management: An Application Integrating Several Ecosystem Services. *Forests*, 5(12): 3352-3371.

ARCE, J.E., 2000. Um sistema de análise, simulação e otimização do sortimento florestal em função da demanda por multiprodutos e dos custos de transporte. Tesis de Doctorado. Universidad Federal de Paraná, Curitiba, Brasil. 125 pp.

ARCE, J.E., 1997. Um sistema de programação do transporte principal de multiprodutos florestais visando a minimização de custos. Tesis de Maestría. Universidad Federal de Paraná, Curitiba, Brasil. 98 pp.

BAJGIRAN, O.; Zanjani, M.; Nourelfath, M., 2014. Integrated tactical planning in lumber supply chains. *Proceedings of the 2014 Industrial and Systems Engineering Research Conference*, Montréal, Canada.

BARROS, O.; Weintraub, A., 1982. Planning for a vertically integrated forest industry. *Operations Research*, 30(6): 1168-1182.

BEN ALI, M.; Gaudreault, J.; D'Amours, S.; Carle, M-E., 2014. A multi-level framework for demand fulfillment in a make-to-stock environment- a case study in canadian softwood lumber industry. 10th International Conference of Modeling and Simulation. Nancy, France.

<sup>3</sup><http://mesmis.gira.org.mx>

- BETTINGER, P.; Boston, K.; Siry, J.; Grebner, D., 2009. Forest management and planning. 1era ed. Academic Press, California. 331 pp.
- BROZ, D., 2015. Técnicas de simulación y optimización aplicadas a la planificación forestal. Editorial de la Universidad Nacional del Sur (Ediuns). Bahía Blanca, Argentina. 213 pp.
- CAMPANELLA, S.; Montagna, M.; Corsano, G., 2014. Planeamiento óptimo de una cadena de suministros de la industria maderera en Argentina. Jornadas de Jóvenes investigadores, Universidad Nacional del Litoral. Rosario, Argentina.
- CANITROT, L.; García, N., 2012. La logística como herramienta para la competitividad: El rol estratégico de la infraestructura. 1era Ed. Cámara Argentina de la Construcción. Argentina.
- CAÑETE, G., 2011. Impacto en las economías regionales por el aumento en los costos de transporte. Unión Industrial Argentina. Argentina.
- CHAUHAN, S.S.; Frayret, J.M.; Lebel, L., 2009. Multi-commodity supply network planning in the forest supply chain. European Journal of Operational Research, 196(2), 688-696.
- CURTIS, F., 1962. Linear programming the management of a forest property. Journal of Forestry, 60(9): 611-616.
- DEL RÍO, M.; Montes, F.; Cañellas, I.; Montero, G., 2003. Revisión: Índices de diversidad estructural en masas forestales. Investigación Agraria: Sistemas y Recursos Forestales, 12(1), 159-176.
- DÍAZ BALTEIRO, L.; Bertomeu, M.; Bertomeu, M., 2009. Optimal harvest scheduling in Eucalyptus plantations: A case study in Galicia (Spain). Forest Policy and Economics, 11(8): 548-554.
- DUAN, Q.; SOROOSHIAN, S.; Gupta, V.K., 1994. Optimal use of the SCE-UA global optimization method for calibrating watershed models. Journal of hydrology, 158(3), 265-284.
- GAUDREAU, J.; Forget, P.; Frayret, J-M.; Rousseau, A.; Lemieux, S.; D'Amours, S., 2010. Distributed operations planning in the softwood lumber supply chain: models and coordination. International Journal of Industrial Engineering, 17(3): 168-189.
- GILMORE, P.C.; Gomory, R.E., 1961. A linear programming approach to the cutting stock problem. Operations Research, 9(6): 848-859.
- GIMÉNEZ, J.; Bertomeu, M.; Díaz-Balteiro, L.; Romero, C., 2013. Optimal harvest scheduling in Eucalyptus plantations under a sustainability perspective. Forest Ecology and Management, 291(1): 367-376.
- GONZÁLEZ, J.; Guasch, J.; Serebrisky, T., (2008). Improving logistics costs for transportation and trade facilitation. The World Bank, Latin America and Caribbean Region. Policy research working paper series 4558. 46 pp.
- GUNNARSSON, H.; Rönnqvist, M.; Carlsson, D., 2007. Integrated production and distribution planning for Södra Cell AB. Journal of Mathematical Modelling and Algorithms, 6(1), 25-45.
- HILLIER, F.S.; Lieberman, G.J., 2010. Introducción a la investigación de operaciones. 9na Edición, McGraw-Hill, México. 978 pp.
- JOHNSON, K.; Scheurman, H., 1977. Techniques for prescribing optimal timber harvest and investment under different objectives - Discussion and synthesis. Forest Science. Monograph 18.
- JUNIOR, M.; Lazaretti, D.; Vieira, A., 2014. A eficiência logística na cadeia do gusa a biorredutor. En XVII Seminário de Atualização sobre Sistemas de Colheita de Madeira e Transporte Florestal. Curitiba, Brasil.
- MAC DONAGH, P.; Berger, S.; Fhaler, J.; Fornaso, G.; Berlinger, C.; Paiva, D.; Bedrij, N., 2012. La experiencia del aglomerado productivo forestal misiones y corrientes: Fase II, los proyectos sectoriales. XXVI Jornadas Forestales de Entre Ríos. Concordia, Argentina.
- MANESS, T.; Norton, S., 2002. Multiple Period Combined Optimization Approach to Forest Production Planning. Scand. J. For. Res, 17(1): 460-471.
- MARTÍNEZ, F.; De Cristóforo, G.; Sánchez, L.; Hantke, B.; Diaz, A., 2014. El sistema de transporte en argentina: Análisis de situación, problemáticas y propuestas para el Sistema de Transporte en Argentina. Informe del CECREDA, 79 pp. En: <http://www.cecreda.org.ar/archivos/nNiKb.pdf>. consultado en el mes de diciembre del año 2015.
- MATURANA, S.; Pizani, E.; Vera, J., 2010. Scheduling production for a sawmill: A comparison of a mathematical model versus a heuristic. Computers & Industrial Engineering, 59(4): 667-674.
- MÉNDEZ, M., 2013. Modelado de un sistema de planificación y manejo de plantaciones forestales

industriales. Tesis Doctoral. Universidad de los Andes, Mérida, Venezuela. 263 pp.

MEYER, H.; Recknagel, A.; Stevenson, D.; Bartoo, R., 1961. *Forest Management*. 2da ed. McGraw-Hill, New York. 282 pp.

MEZA-RODRÍGUEZ, D.; Martínez, L.M.; Jardel-Peláez, E.J.; Benavides-Solorio, J.D., 2011. El análisis multicriterio como herramienta para la planificación territorial en cuencas. Segundo Congreso Nacional de Manejo de Cuencas Hidrográficas. Villahermosa, México. En: [http://www.pronacose.gob.mx/pronacose14/contenido/documentos/ANALISIS\\_MULTICRITERIO\\_CUENCAS.pdf](http://www.pronacose.gob.mx/pronacose14/contenido/documentos/ANALISIS_MULTICRITERIO_CUENCAS.pdf), consultado en el mes de diciembre del año 2015.

RAFIEI, R.; Nourelfath, M.; Gaudreault, J.; Santa-Eulalia, L.A.; BOUCHARD, M., 2015. Dynamic safety stock in co-production demand-driven wood remanufacturing mills: A case study. *Int. J. Production Economics*, 165(1): 90–99.

RIVERO, D.S., 2008. *Metodología de la Investigación*. Edición Shalom. Argentina. 94 pp.

RODRÍGUEZ, L.C.; Díaz-Balteiro, L., 2006. Régimen óptimo para plantaciones de eucaliptos en Brasil: Un análisis no determinista. *Interciencia: Revista de ciencia y tecnología de América*, 31(10), 739-744.

RÖNNQVIST, M.; D'Amours, S.; Weintraub, A.; Jofre, A.; Gunn, E.; Haight, R.; Martell, D.; Murray, A.; Romero, C., 2015. Operations Research challenges in forestry: 33 open problems. *Annals of Operations Research*, 232(1), 11-40.

RUIZ, C.; Abarzúa, J., 2010. Evaluación multicriterio/multiobjetivo aplicada a los usos y coberturas de suelo en la cuenca de chillán. *Tiempo y Espacio*, 21(25): 1-15.

SCHWAB, K., 2014. The Global Competitiveness Report 2014–2015. *World Economic Forum*. En [http://www3.weforum.org/docs/WEF\\_GlobalCompetitivenessReport\\_2014-15.pdf](http://www3.weforum.org/docs/WEF_GlobalCompetitivenessReport_2014-15.pdf), consultado en el mes de diciembre del año 2015.

SENANTE, M.M.; Sancho, F.H.; Arce, M.M.; Garrido, R.S., 2013. Optimización de la gestión de recursos hídricos en cuencas deficitarias. *Anales de ASEPUMA*, (21): 32-19.

SHABANI, N.; Sowlati, T.; Ouhimmou, M.; Ronnqvist, M., 2014. Tactical supply chain planning

for a forest biomass power plant under supply uncertainty. *Energy*, 78(1), 346-355.

SRIVASTAVA, P.; Hamlett, J.M.; Robillard, P.D.; Day, R.L., 2002. Watershed optimization of best management practices using AnnAGNPS and a genetic algorithm. *Water Resources Research*, 38(3), 3-1.

SRIVASTAVA, P.; Hamlett, J.M.; Robillard, P.D., 2003. watershed optimization of agricultural best management practices: continuous simulation versus design storms. *Journal of the American Water Resources Association*, 39(5): 1043–1054.

TAMAYO, M., 2003. *El proceso de la investigación científica*. 4ta Ed. Editorial Limusa. México. 440 pp.

TRONCOSO, J.; D'Amours, S.; Flisberg, P.; Rönnqvist, M.; Weintraub, A., 2015. A mixed integer programming model to evaluate integrating strategies in the forest value chain-A case study in the Chilean forest industry. *Canadian Journal of Forest Research*, 45(7): 937-949.

TRONCOSO MATAMOROS, C.A., 2015. Optimización de los procesos de planificación de la producción de aserraderos. Tesis de Maestría. Universidad de Chile. 150 pp.

VARAS, M.; Maturana, S.; Pascual, R.; Vargas, I.; Vera, J., 2014. Scheduling production for a sawmill: A robust optimization approach. *Int. J. Production Economics*, 150(1): 37–51.

VERDÍN, G.; Díaz, J.; Linares, M.; Tecle, A., 2009. Aplicación de técnicas multicriterio en el manejo integral forestal en Durango, México. *Madera y Bosque*, 15(1):27-46.

WOITSCHACH, G., 2014. Selección del flujo óptimo en una planta de aserrío con dos equipos principales de corte por medio de simulación. XXV Escuela de Perfeccionamiento en Investigación Operativa. San Nicolás de los Arroyos, Buenos Aires, Argentina.

YU, Z.; Klein, C.; Jang, W., 2014. Multi period operational planning in woody biomass system. En: *Industrial and systems engineering research conference*. Montreal, Canada.

# DESARROLLO DE UN SISTEMA DE GESTIÓN SRT DE TIEMPOS IMPRODUCTIVOS PARA UNA INDUSTRIA MADERERA DEDICADA A LA PRODUCCIÓN DE MOLDURAS FINGER JOINT

DEVELOPMENT OF A SRT DOWNTIME MANAGEMENT SYSTEM IN REAL TIME FOR A MOULDING MANUFACTURING PLANT.

Fecha de recepción: 29/08/2016 // Fecha de aceptación: 02/05/2017

## Facundo Weber

Ingeniero en Industrias de la Madera – Enrique R. Zeni y CIA Esquina Corrientes- fweber@zeni.com.ar

## Enzo Preukschat

Ingeniero en Industrias de la Madera – Enrique R. Zeni y CIA Esquina Corrientes- epreukschat@zeni.com.ar

## Marcelo Marek

Docente, Facultad de Ciencias Forestales- UNaM. Bertoni N° 124, C.P.3380, Eldorado-Misiones-Argentina. mmarek@facfor.unam.edu.ar

## Orlando Arenhardt

Docente, Facultad de Ciencias Forestales- UNaM. Bertoni N° 124, C.P.3380, Eldorado-Misiones-Argentina. oarenhardt@facfor.unam.edu.ar,

## José Luis Nucera

Docente, Facultad de Ciencias Forestales- UNaM. Bertoni N° 124, C.P.3380, Eldorado-Misiones-Argentina. jlnucera@facfor.unam.edu.ar

## RESUMEN

Este trabajo presenta el diseño, desarrollo e implementación del sistema de gestión informatizado de tiempo improductivo de la industria maderera Enrique R. Zeni y Cía SACIAFei.. Se ha realizado el diagnóstico y evaluación del sistema anterior, identificando falencias, y se diseñó un nuevo sistema de tiempos improductivos en tiempo real (SRT) llamado GestTion, (por sus iniciales Gestión de Tiempo Improductivo Online). El mismo fue diseñado, programado e implementado para cumplir con Certificación ISO 9001, y apto para soportar a 13 líneas de producción, y permitiría poder relevar los tiempos improductivos en tiempo real y en forma remota desde cualquier computadora de la empresa, y por internet. Se ha contemplado que sea operado en forma automática, y por medio del propio operador de la máquina, sin necesidad de generar documentación ni dedicación exclusiva de una persona para cargar la información.

**Palabras clave:** tiempos muertos; SRT, gestión industrial, molduras, eficiencia

## SUMMARY

This works presents the design, development and implementation of the computerized time management system of the mould industry Enrique R. Zeni y Cía SACIAFei. The diagnosis and evaluation of the previous system was made, identifying failures, and a new in real time (SRT) system was designed, called GestTion, (by its initials Online Management of downtime, in Spanish). It was designed, programmed and implemented to comply with ISO 9001 Norms, and able to support 13 production lines, and would allow to be able to relieve downtimes in real time and remotely from any computer in the company, and online. It has been contemplated that it be operated in an automatic mode, and through the machine operator itself, without the need to generate documentation or specific person to load the information.

**Key words:** SRT, facilities and industrial management, efficiency, productivity



## INTRODUCCIÓN

A partir de las últimas décadas del siglo XX, las empresas han experimentado un proceso de cambios revolucionarios, pasando de una situación de protección regulada a entornos abiertos altamente competitivos. Los indicadores son utilizados como principal herramienta para la toma de decisiones y para evaluar los recursos. Por ello la investigación y desarrollo que lleva a una nueva tecnología es fundamental en la ingeniería; y los cambios y enfoque sobre los métodos de elaboración de indicadores están en permanente cambio (KANAWATY, 1996).

Respecto a la gestión de los Tiempos Improductivos (TI), anteriormente la empresa contaba con un sistema específico, donde el oficial de máquina registraba los TI de su turno, al día siguiente estos eran ingresados a un servidor, que recopila la información de todos los sectores en una base de datos, a la cual se puede acceder y extraer reportes. Esto presentaba mucha pérdida de información, principalmente debido a que las causas que las generan, en su mayoría no eran especificadas, falta de información o una causa generalizada. Otro aspecto era la falta de precisión; y el tiempo entre su obtención, registro, hasta la toma de decisiones. Se demostró que se recababa la información en forma tardía, inadecuadamente, e incluso no se analizaba y tampoco se utilizaban para tomar decisiones.

Este trabajo muestra el diseño e implementación de un sistema de gestión integral de TI en todos los sectores de la industria, con información actualizada y en tiempo real, con una interfaz amigable para el usuario (a ser usado por el oficial de máquina). El sistema es capaz de realizar el procesamiento, análisis de datos y generación de reportes usando la plataforma de planilla de cálculo, trabajando de acuerdo a un “árbol de causas” y a los requisitos de la Norma ISO 9001 (ISO, 2008). Este sistema, por tener cierta complejidad, cuenta con diferentes niveles de acceso habilitante y restringido. También brinda la posibilidad de analizar los TI por sectores productivos, agrupados bajo causas y razones comunes; y/o discriminado por área y localización dentro del sector. El principal motivo por el cual se ha desarrollado con herramientas de Visual Basic en lugar de otros lenguaje de programación, fue la de obtener una versión Beta del sistema a bajo costo, con lenguaje que los propios usuarios conocen y manejan en forma permanente. Una vez lograda esta versión, y ya sometida a prueba, en una segunda etapa de evaluarán opciones más robustas.

Factor de uso del tiempo:

$$\text{factor de uso del tiempo} = \frac{\text{tiempo productivo}}{\text{tiempo planificado de trabajo}} \quad (\text{Ecuación 1})$$

Prácticamente todo el sistema se basa en la siguiente Fórmula:

$$\% \text{ de tiempo improductivo} = \frac{\text{tiempo improductivo}}{\text{tiempo planificado de trabajo}} \times 100 \quad (\text{Ecuación 2})$$

## MATERIALES Y MÉTODOS

La reingeniería del sistema de TI GesTIOOn fue llevada adelante en forma multidisciplinaria, por los sectores Control de Procesos e Ingeniería de Proyectos; con el precepto de que el nuevo sistema desde cero. Se estableció se puedan aplicar e implementar herramientas de ingeniería, que le aportan robustez (BOLTON, 2006).

El primer paso fue establecer el indicador a registrar y cómo hacerlo, considerando los términos y conceptos empleados cuando se estudia la utilización de las máquinas (o de la fábrica, o del proceso). La relación entre los tiempos del proceso se presenta gráficamente en Figura 1, y se definen a continuación:



Figura 1. Esquema de división de tiempos de máquina.

Figure 1. Time division scheme of machine.

Tiempo máximo de máquina: es el máximo teórico durante el cual podría funcionar una máquina o grupo de máquinas en un periodo dado, Ejemplo: 168 horas por semana o 24 por día.

Tiempo planificado de trabajo: Es aquel en que la máquina tiene quien la atienda y está planificado que esta se encuentre produciendo.

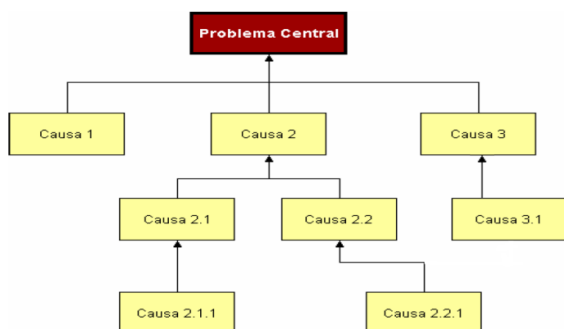
Tiempo Productivo: Es aquel tiempo en que la máquina efectivamente funciona, es el tiempo de jornada de trabajo menos los TI.

TI: es aquel en que la máquina no puede funcionar con fines de producción, se refieren tanto a las esperas de los trabajadores como las esperas de las máquinas. Es la necesidad de esperar causada por múltiples factores, incluyendo demoras de transporte, errores de máquinas, y operarios, entre otros. Para apreciar la utilización de las máquinas, la técnica más práctica de medición es midiendo su funcionamiento, que permite obtener la información más fácilmente que con el estudio de tiempos, especialmente cuando las máquinas son numerosas.

Para conocer la proporción del tiempo disponible que se utiliza como tiempo productivo, se necesita un indicador de uso del tiempo. Este indicador sirve para determinar la eficiencia del proceso (Ecuaciones 1 y 2).

### Árbol de causas

Para la identificación y el análisis de problemas una de las herramientas en la gestión de procesos industriales es el “Árbol de Causas” (Figura 2). Este análisis ayuda a organizar la información recolectada y permite generar un modelo de relaciones causales que explican un evento. Para que el sistema de análisis funcione correctamente, es fundamental definir correctamente el problema, ya que si se lo identifica correctamente, de partida ya se tiene el 80% de la solución al mismo (CHASE 2009, MINOLI 2016).



**Figura 2. Diagrama Árbol de Causas.**  
**Figure 2. Diagram of the Tree of Causes**

### Diseño de sistemas, datos, interfaz, procedimientos y reportes:

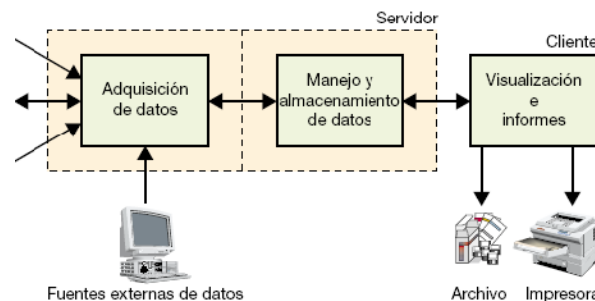
Fue necesario definir el sistema con suficientes detalles como para permitir su interpretación y realización física (Diseño Lógico). El primer paso fue identificar los informes y las salidas a producir por el sistema; los datos específicos de cada uno precisa relevar, el modelo en el reporte, la pantalla de despliegue o cualquier otro medio. El diseño describe los datos calculados o almacenados, de acuerdo a procedimientos de cálculo y establecidos de acuerdo a una estructura. La interfaz comunica los datos almacenados en el sistema con los operadores y usuarios que lo emplean, basado en procedimientos de funcionamiento del sistema. Las salidas se basaron en los requerimientos de la información de la industria/dirección.

En cuanto al desarrollo de la idea del sistema, se trabajó en equipo con el departamento de Sistemas, instalando una Computadora Personal (PC) en cada puesto de trabajo, al alcance del oficial de máquina, conectándolo a la red Ethernet en red con un servidor central.

### Macro y VBA

Como ya se mencionó en la introducción, se usó el lenguaje de programación BVA (Visual Basic for Applications®), de Microsoft Office®, por su menor costo, pero que añaden posibilidades casi ilimitadas aún para programadores no expertos. Resulta fácil de utilizar para aquel usuario que necesita más recursos. El VBA y macros ha permitido automatizar rutinas y

tareas repetitivas a partir de una hoja o una base de datos; a la vez que permite a los usuarios personalizar, automatizar y ampliar las funciones de cualquier aplicación (Figura 3).



**Figura 3. Partes del sistema GestION, funcionamiento y diseño.**

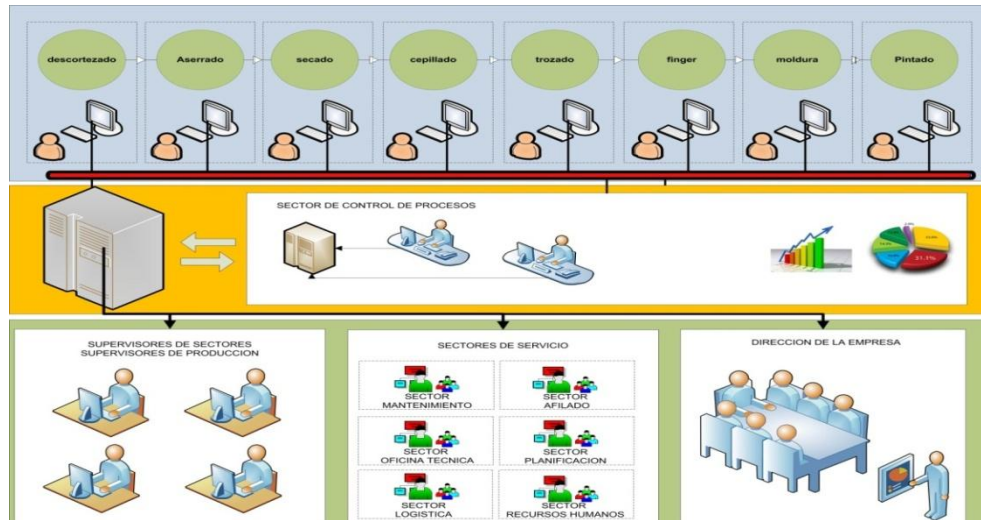
**Figure 3. Parts of the GestION system, operation and design**

El sistema consta de una computadora ubicada en cada línea de producción, conectada a la red Ethernet. A través de PC, se accede a la base de datos central, desde donde se ejecuta el software de entrada de datos (allí son almacenados los TI registrados). Cada cliente, desde su máquina ejecuta el software de análisis de datos, y así puede consultar los TI de toda la planta (Figura 4)

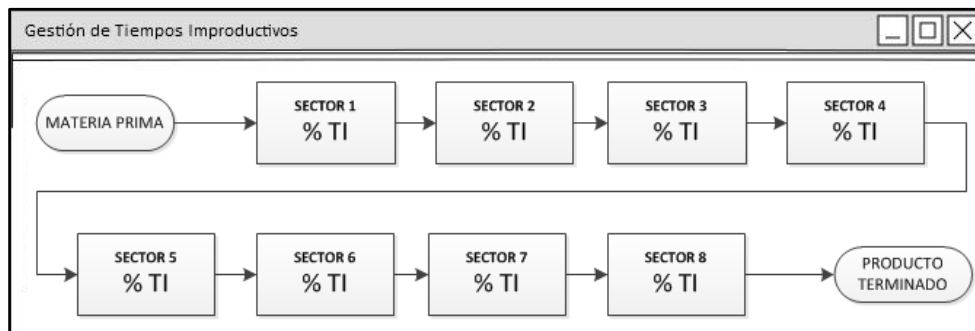
### Prototipo de salida de datos

Para la salida de datos del sistema cuenta con dos modelos de reportes. 1) informe general de planta, donde se podrá ver de forma resumida el estado de tiempos improductivos de los sectores de la planta (Figura 4 y 5).

Reporte el usuario: Presenta la información a través de un software de análisis, que presentara gráficamente los resultados agrupados (Figura 6).



**Figura 4. Diseño arquitectónico del sistema**  
**Figure 4. Architectural design of the system**



**Figura 5. Diseño interfaz reporte general de planta.**  
**Figure 5. Design interface general plant report**



**Figura 6 - Diseño interfaz reporte sectorizado**  
**Figure 6. Design sector report interface**

## Editor de Visual Basic

En la Figura 7 se observa, del lado izquierdo, la pantalla en Excel y, del lado derecho, la pantalla del editor de VBA, esta es la estructura básica de programación del sistema GestTion.

El usuario visualiza solamente las tres primeras pestañas, con las cuales comanda el sistema, vinculadas a celdas con validaciones de datos, celdas de cálculos y botones de comando que ejecutan rutinas VBA (Figura 8).

El sistema cuenta con validación para impedir que los usuarios ingresen datos incorrectos.

## Opción de medición automática

El sistema se diseñó con un módulo de medición automática en la máquina principal de

aserradero, mensurando el flujo de materiales en el proceso. Este sensor lo monitorea durante el turno de producción y envía información a un Controlador Lógico Programable (CLP o PLC), detectando cualquier interrupción como un evento o *id*. Esto establece el inicio de un tiempo improductivo. El operador de la máquina industrial de aserradero únicamente debe intervenir para asignar una causa a cada evento *id* (predefinida según el árbol de causas) y un área (predefinido según el esquema de áreas y localizaciones). Una vez que definido esto, el operario podrá enviar los datos mediante una red informática a una base de datos en servidor central (Figura 9).

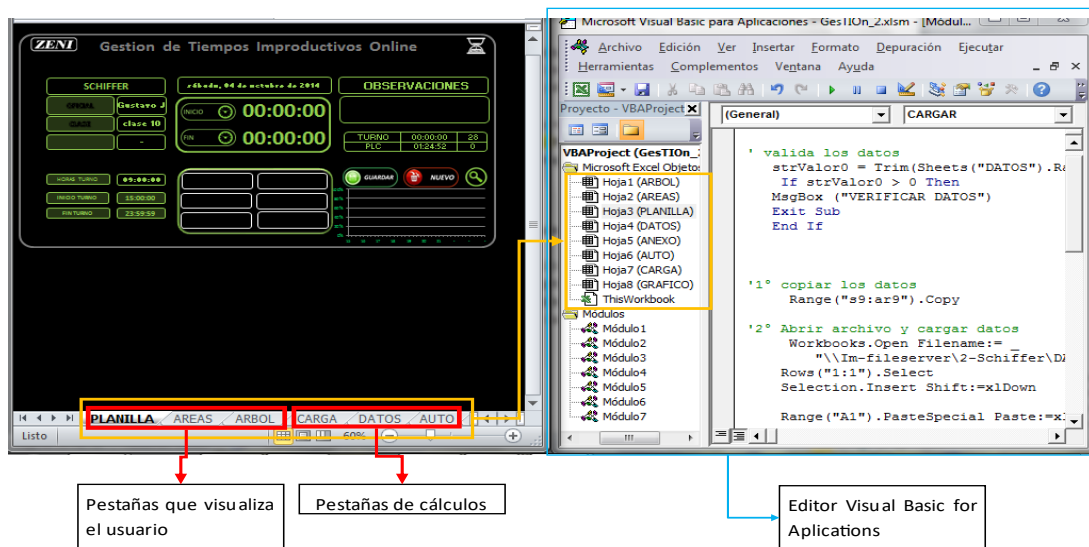
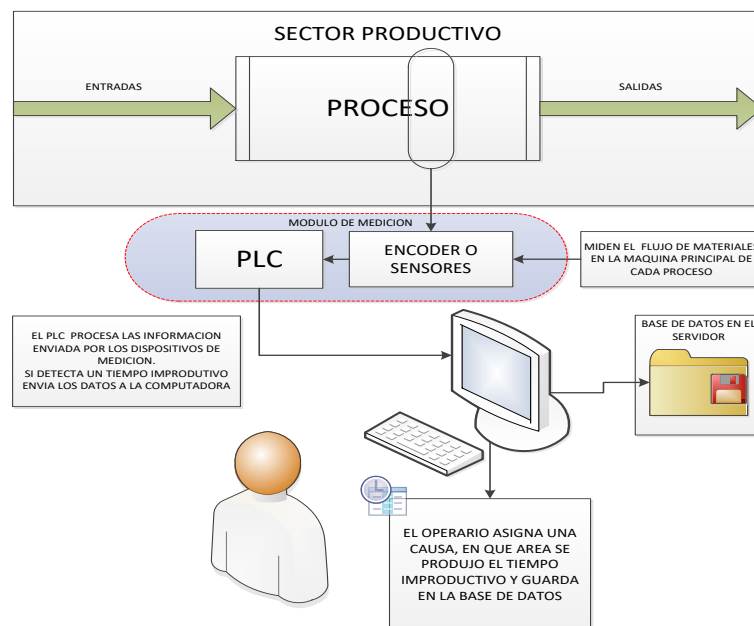


Figura 7. Captura de pantalla Excel y programación VBA  
Figure 7. Screenshot of Excel and VBA programming



Figura 8. Ejemplo de asignar macro a una imagen de Excel.  
Figure 8. Example of assigning macro to an Excel image.



**Figura 9. Esquema de funcionamiento del módulo automático de medición**  
**Figure 9. Schematic of the operation of the automatic measuring module**

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El principal resultado de este trabajo lo constituye el sistema diseñado, escrito en soporte informático e implementado en 13 líneas de producción de la empresa. Se reitera la importancia de que es un sistema operado por el propio operador del aserradero para la entrada de datos, y se ha dado énfasis a la facilidad de operarlo para aquel que no está familiarizado a la informática. Por ello se presentan sus componentes básicos y comunes, que se citan a continuación.

### Módulo de entrada de datos en Operación

El sistema permite al usuario operar gráficamente mediante botones que puede pulsar por medio de dispositivos periféricos, ejecutando rutinas en VBA que lo van guiando a través de pantalla gráfica registrando el evento (en cada sector de producción). Este usuario, que es el operario de la máquina industrial, cuenta con el acceso directo al software.

Al iniciar el programa, el usuario completa los campos que son obligatorios: oficial; rango/clase/espesor de entrada de materia prima; proveedor/ancho y horas del turno, y ya está habilitado para la carga de tiempo improductivo. Puede captar los TI automáticamente importando datos del módulo de medición (horario de inicio y fin de la parada), los que aparecerá al reanudar la producción (Figura 10).

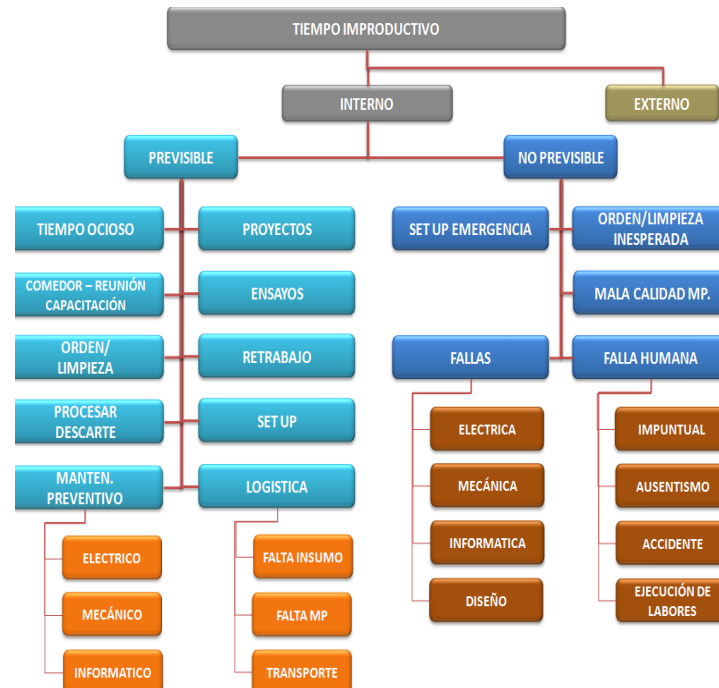


**Figura 10. Pantalla con señal de alerta de TI detectado por el sistema de medición automática.**  
**Figure 10. Display with TI alert signal detected by the automatic measurement system.**

Una vez asignada el área y localización del evento, el usuario, deberá asignar el motivo mediante la ayuda del árbol de causas (Figura 11)

Cada dato se almacena con una codificación de 25 campos en forma de filas separados por tabulación para cada evento. Cada dato tendrá un significado en función del orden en el que se encuentre, en el momento del análisis. Se realiza esto en 13 sectores diferentes de la empresa. Figura 12.





**Figura 11. Interfaz Arbol de Causas**  
**Figure 11. Causes Tree Interface**

Codificación de los 25 Campos registrados por cada Evento			
1	Fecha	10	Localización
2	Duración turno	11	Criticidad
3	Oficial	12	Origen del Evento
4	Sector	13	Previsibilidad
5	Hora inicio turno	14	Causa
6	Hora fin turno	15	Razon
7	Hora inicio evento	16	Observaciones
8	Hora fin evento	17	Producto en Proceso
9	Área	18	Duracion del T.I.
19	Fecha_Turno		
20	Semana_Turno		
21	Mes_Turno		
22	Eventos PLC		
23	Eventos Registrados		
24	TI PLC		
25	TI Registrado		

**Figura 12. Codificación de campos**  
**Figure 12. Field coding**

### Reportes generados por el sistema

La información es presentada mediante un software de procesamiento, análisis de datos y generación de reportes. Con este, se podrá consultar información procesada y generar reportes con posibilidad de impresión. A través de Ethernet, se puede realizar consultas a tiempo real, desde cualquier parte de la empresa (datos procesados y sin procesar); para diferentes niveles jerárquicos del organigrama. Por este motivo, se desarrollaron 3 niveles de análisis de datos. 1) General de planta, 2) Por línea de producción, y 3) Sectores de Servicio (Figura 13 y 14) según Weber y Preukschat (2014).

Si el usuario puede seleccionar varias opciones de informes, por ejemplo la evolución diaria (Figura 15).

El reporte por línea de producción fue desarrollado para el uso de Supervisores. Donde cada

línea de producción posee su plantilla de análisis. Se puede seleccionar el sector de interés; y al abrir el archivo seleccionado, el usuario se encuentra con la Figura 16.

### TI discriminados por áreas y localizaciones del sector

El usuario selecciona los TI de una determinada semana o periodo específico y puede tildar o destilar los días en función a de su interés (Figura 17).

### TI discriminados en el Árbol de Causas

El usuario cliente puede consultar entre fechas, mediante un reporte estructurado de acuerdo a un diagrama de áreas, facilitando la interpretación de la información procesada. Figura 18.

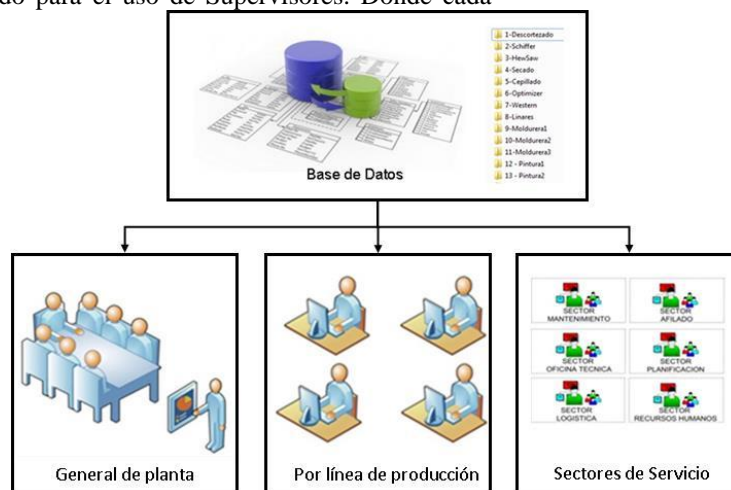


Figura 13. Salidas del sistema GestION

Figure 13. Outputs from the GestION system

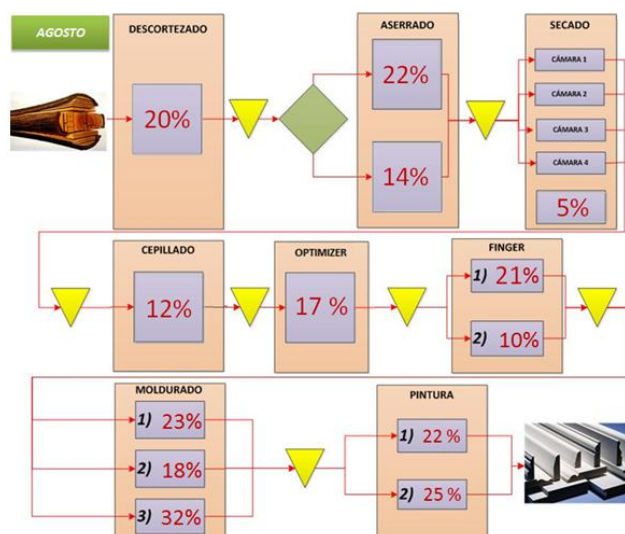


Figura14. Reporte general de planta

Figure14. General report of plant

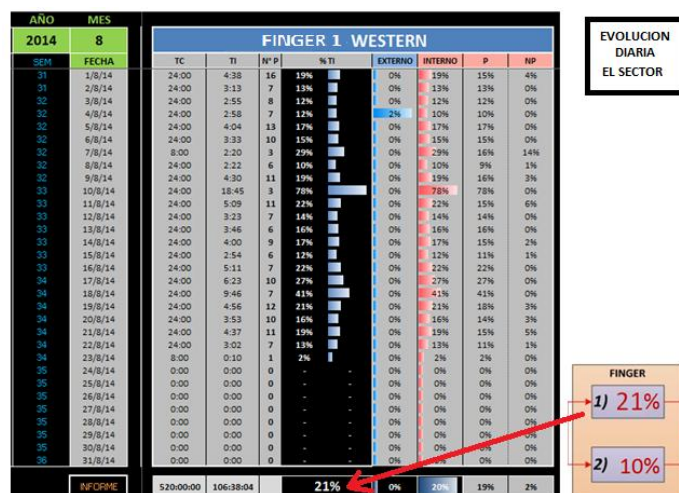


Figura 15. Evolución diaria del sector

Figure 15. Daily evolution of the sector



Figura 16. Pantalla de inicio del análisis por sector

Figure 16. Start screen of the analysis by sector

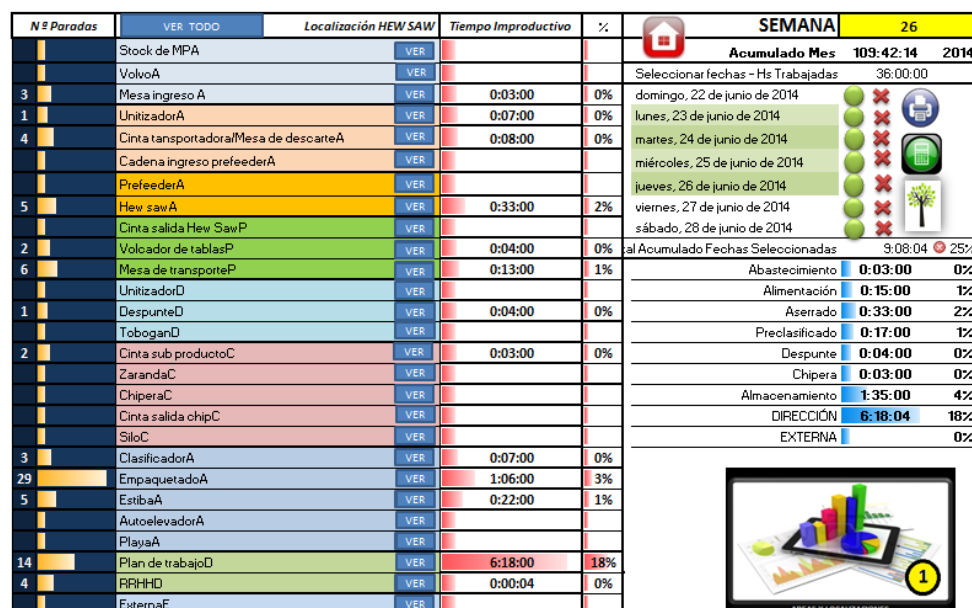
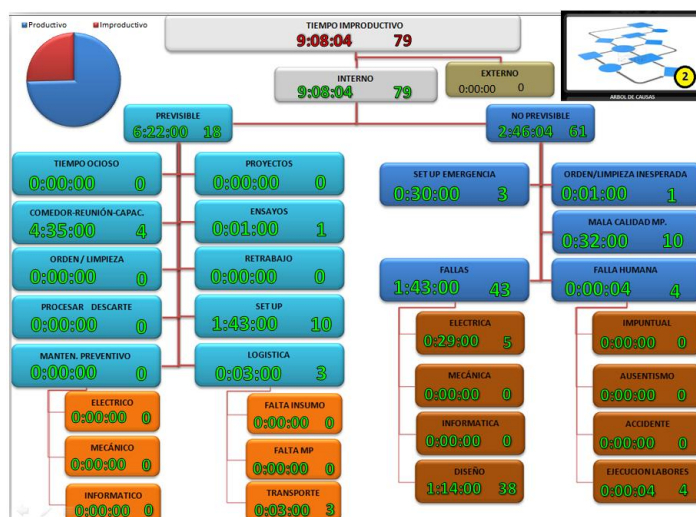


Figura 17. Reporte Áreas y Localizaciones

Figure 17. Report Areas and Locations



**Figura 18. Reporte árbol de causas**  
**Figure 18. Causes tree report**

El reporte para la Gerencia y Dirección, presenta un diagrama de flujo, contemplando las 13 líneas que componen el proceso de producción de molduras prime, partiendo desde la madera en rollo, hasta finalizar con el producto terminado. Este se presenta como una pantalla principal, con el porcentaje de TI de cada línea, correspondiente al mes en curso.

El segundo software de análisis es para el uso de supervisores, donde se puede filtrar cada sector específico. Al ser tan específico, varía el tipo de análisis en particular.

Todos los usuarios fueron capacitados en el uso del sistema, con su documentación correspondiente. Y el sistema de salidas de datos se encuentra completamente desarrollado y en uso. En todos los casos, existe la opción de acceder a la base de datos de cada sector, con la opción de aplicar filtros.

Como último aspecto se puede mencionar que se ha logrado el principal resultado, es que el sistema se encuentra en funcionamiento, lo que demuestra la capacidad del software desarrollado para ejecutar las tareas.

## CONCLUSIONES

El sistema se encuentra instalado y en funcionamiento. Se ha convertido en una herramienta tecnológica eficiente y ágil que almacena y entrega información estructurada, fiable, oportuna y en tiempo real respecto al factor de uso del tiempo en los sectores productivos. Los indicadores en tiempo real permiten llevar un control turno a turno, pero sin duda sus grandes aportes han sido enfocados hacia la gestión de TI de la industria, dando información sobre cuáles son los problemas más urgentes a solucionar y más aún, discriminado por causas de dichos problemas.

El manejo de la información permite gestionar los TI y contribuir con información a la dirección de la

empresa, para tomar acciones e intentar reducirlos. El sistema GesTIOOn está totalmente implementado en todas las líneas de producción de molduras, con medición automática. Uno de los principales factores del éxito de este trabajo, fue el involucramiento y compromiso de los usuarios, tener en mente éste factor desde el inicio del trabajo fue fundamental para reducir la resistencia al cambio.

Una de las mayores dificultades fue exigencia de que el operador de la máquina pueda usarlo correctamente. En la implementación, se pasó de registrar en planillas en papel, con muchas causas definidos a criterio personal, y únicamente tiempos muertos mayores a 4-5 minutos; a la exigencia de un registro por medio de un sistema informático que detecta todo TI mayor a 1 minuto, de manera automática mediante sensores. Esto obligó a dedicar una gran cantidad de esfuerzo al desarrollo de la interfaz de fácil uso, y a los programas de capacitación, evaluación y seguimiento al usuario. Finalmente el trabajo fue exitoso, ya que también se ha podido generar la documentación necesaria cumpliendo con requisitos de la norma internacional ISO 9001, obtener resultados satisfactorios ya que lograron adaptarse a esta nueva aplicación.

## BIBLIOGRAFÍA

MINOLI, R. (2016). Análisis de tiempos improductivos en una industria de fábrica de molduras pintadas- Asora Revista N° 123 Año 21. ISSN 0328-8803. Disponible en internet: <http://www.asorarevista.com.ar/>

BOLTON, W. (2006). Ingeniería de Control. México: Alfaomega.

CHASE, R. B. (2009). Administración de Operaciones - Producción y Cadena de Suministros. México DF: The McGraw-Hill Companies.

ISO, INTERNATIONAL STANDARD ORGANIZATION. Norma ISO 9001.

KANAWATY, G. (1996). Introducción al estudio del trabajo. Ginebra: Organización Internacional del Trabajo.

WEBER, F. Y PREUKSCHAT, E.; 2014. Desarrollo de un sistema de Gestión de Tiempos Improductivos en Línea para una industria maderera dedicada a la producción de Molduras Finger Joint Pintadas. Tesis de Grado. Facultad de Ciencias Forestales-UNaM



# CURVAS DE ÍNDICE DE SITIO PARA *Prosopis alba* EN LA PROVINCIA DEL CHACO

SITE INDEX CURVES FOR *Prosopis alba* IN THE PROVINCE OF CHACO

Fecha de recepción: 30/08/2016 // Fecha de aceptación: 02/05/2017

## RESUMEN

El algarrobo blanco es la especie central para la industria de muebles en la provincia del Chaco y actualmente existen cerca de 6000 has forestadas con esta especie. Dada su importancia económica y social en la provisión de mano de obra tanto en la industria como en la cadena de comercialización, es necesario conocer el potencial productivo de los suelos para su cultivo y la herramienta seleccionada para ello fue el índice de sitio. Los objetivos del trabajo fueron obtener un modelo de índice de sitio y definir clases de calidad de sitio para plantaciones de *Prosopis alba* en la provincia del Chaco.

Se utilizó una muestra de 117 pares de datos Hdom - edad, abarcando edades que van de los 4 a los 23 años, la cual fue analizada con Infostat.

Se ajustó el modelo de Gompertz, aplicando el método de la curva guía con una hipótesis de crecimiento anamórfica.

Se definieron 4 calidades de sitio con amplitudes de 2 metros de altura dominante, a la edad de referencia de 17 años.

**Palabras clave:** calidad de sitio, modelos, curvas anamórficas, forestaciones.

## SUMMARY

Algarrobo blanco is the central species for the furniture industry in the province of Chaco and there are currently about 6000 forested ha with this species. Given its economic and social importance in the provision of labor in both the industry and the marketing chain, it is necessary to know the productive potential of the soils for its cultivation and the tool selected for this was the site index. The objectives of this work were to obtain a site index model and to establish site quality classes for *Prosopis alba* plantations in the province of Chaco.

We worked with a sample of 117 data pairs Hdom - age, covering ages ranging from 4 to 23 years, which were analyzed with Infostat.

Gompertz model was adjusted, using the method of the guide curve with a hypothesis of anamorphic growth.

Four site qualities were defined with amplitudes of 2 meters of dominant height, at the age of reference of 17 years.

**Key words:** site index, models, anamorphic curves, Forest plantations.

### Sebastián Kees

Ingeniero Forestal. Campo Anexo Estación Forestal Plaza –EEA Sáenz Peña INTA. Lote IV Colonia Santa Elena; C. P. 3536. Presidencia de la Plaza, Chaco. Argentina. kees.sebastian@inta.gob.ar

### Julio Michela

Ingeniero Forestal. EEA Santiago del Estero INTA. Jujuy N° 850. C. P. 4200. Santiago del Estero. Santiago del Estero. Argentina. michela.julio@inta.gob.ar

### Juan Skoko

Ingeniero Forestal. Programa Cambio Rural. San Martín 790. C.P. 3700. Presidencia Roque Sáenz Peña. Chaco. Argentina. juanjo\_1980@hotmail.com

### Carlos Gomez

Ingeniero Forestal (MSc). EEA Ingeniero Juárez INTA. Ruta Nacional 81 Km 1618.7. C. P. 3636 Ing. Guillermo N. Juárez. Formosa. Argentina. gomez.c@inta.gob.ar

### Ernesto Crechi

Ingeniero Forestal (MSc). EEA Montecarlo, INTA. Av. El Libertador n° 2472. C. P. 3384. Montecarlo, Misiones, Argentina. crechi.ernesto@inta.gob.ar

### Federico Letourneau

Dr. Ingeniero Forestal. Campo Forestal Gral. San Martín-INTA, C.C. 26, CP. (8430) El Bolsón, Río Negro, Argentina. letourneau.federico@inta.gob.ar

## INTRODUCCIÓN

La superficie forestada con algarrobo blanco en la provincia del Chaco alcanza las 6 mil hectáreas (DELVALLE, 2006), que además no superan los 30 años de edad y abarcan una gran variedad de suelos y condiciones climáticas. Si bien la especie presenta facilidad de adaptación, su productividad podría mejorarse, en gran medida, mediante una adecuada selección de sitio a plantar.

Esta especie, en la provincia del Chaco, constituye el eje de la fabricación del mueble; según CUADRA (2012), desde 1980 existen aserraderos y carpinterías abocadas y concentradas fundamentalmente en la producción de muebles y artesanías en Machagai, aberturas en Quitilipi y productos varios en Presidencia de la Plaza; que abastecen la demanda, no sólo regional, sino nacional.

Debido a la importancia económica y social del cultivo de esta especie, dado su rol central en la industria provincial del mueble, ya sea como proveedora de mano de obra en toda la cadena de fabricación y comercialización o como generadora de ingresos de divisas para la provincia y la región, es necesario conocer el potencial productivo de los diferentes sitios en los que actualmente se desarrollan y pueden desarrollarse las plantaciones con algarrobo.

Esta potencialidad, expresada en producción de madera, en un tiempo dado (ciclo productivo o turno) es lo que se conoce como Calidad de Sitio y por ha sido definida por CLUTTER *et al.*, (1983) como la producción potencial de madera de un sitio para una especie en particular o tipo forestal, PRODAN *et al.*, (1997) la define como la capacidad de un área determinada para el crecimiento de los árboles, en este contexto, los índices de sitio se han convertido en el método más popular y práctico para evaluar la productividad forestal y la Calidad de Sitio (ÁLVAREZ *et al.*, 2004; CORNEJO *et al.*, 2005; MADRIGAL *et al.*, 2005; TORRES, 2001).

Según MORA *et al.*, (2003) la calidad de sitio es uno de los factores más importantes que determinan el crecimiento de los árboles y de las masas forestales, así como la producción de los terrenos. En los terrenos forestales al igual que en los agrícolas, la cantidad y la calidad de los rendimientos producidos depende estrechamente de la capacidad productiva del lugar. En consecuencia, uno de los primeros pasos necesarios para el manejo forestal intensivo es poder determinar la capacidad productiva de los terrenos, (esto es, la calidad de sitio), para las especies cultivadas. Así, la información del sitio y de los rendimientos permite estimar la cantidad y el tipo de productos a obtener en un tiempo dado, además de dar soporte para las intervenciones que requiere la masa y del momento más oportuno para efectuarlas.

El potencial productivo del sitio forestal (o su calidad) puede clasificarse en zonas equiproductivas

evaluadas a través de su altura dominante; a estas zonas se les asigna un valor en función de una altura dominante y una edad de referencia (edad base), y a este valor se le denomina índice de sitio (IS) (CIESZEWSKI Y BAILEY, 2000). Este método consiste en evaluar la altura que lograrían los árboles dominantes o codominantes y sanos a una edad predeterminada, frecuentemente referida como edad base o edad índice (PAYANDEH Y WANG, 1994).

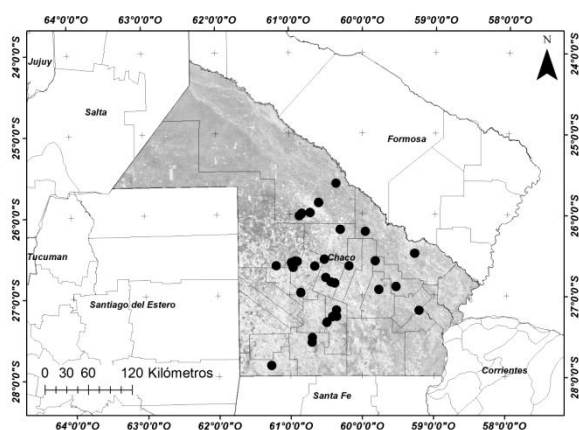
ÁLVAREZ *et al.*, (2004) expresa que los métodos que estiman la productividad de las áreas de cultivo forestal utilizando la altura dominante, son los más adecuados para el cálculo del IS, debido a la baja afectación por la densidad o los tratamientos silvícolas aplicados. Las metodologías para el cálculo del IS han evolucionado en los últimos años; antes se utilizaban modelos de crecimiento lineales simples ahora se emplean modelos exponenciales complejos (RODRÍGUEZ-ACOSTA Y ARTEAGA-MARTÍNEZ, 2005), y las familias de curvas anamórficas y polimórficas que se utilizaban individualmente ahora se han integrado para mejorar la calidad de las estimaciones de crecimiento (TORRES, 2001).

Las plantaciones de algarrobo en la región y en la provincia del Chaco se han realizado en diferentes sitios, lo cual, sumado a la gran variabilidad intrínseca de la especie ha generado diferencias en el crecimiento. Entre otros factores, en la actualidad se desconocen las diferentes calidades de sitio para la especie, potencial de crecimiento y el turno de aprovechamiento requerido para obtener madera comercial.

Desde el año 2009, el INTA, está realizando relevamientos en plantaciones forestales con la finalidad de caracterizar las condiciones de sitio y crecimiento de la especie; como parte esencial de dicho estudio se desarrolla el presente trabajo cuyo objetivo es ajustar un modelo de índice de sitio que permita desarrollar curvas de calidad de sitio para plantaciones con *Prosopis alba* en la provincia del Chaco.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El área de estudio abarca diferentes departamentos de la Provincia del Chaco (figura 1), se relevaron 32 plantaciones ubicadas en 28 predios con edades entre 4 y 23 años, con diferentes distanciamientos (4x4, 5x4, 6x4, 5x5), con tratamientos silviculturales (podas y raleos) y sobre distintos tipos de suelo, en las que se instalaron 117 parcelas de muestreo rectangulares de 1000 m<sup>2</sup>, de las que se obtuvieron los datos de altura dominante (Hdom) – edad.



**Figura 1. Ubicación de las parcelas en la Provincia del Chaco.**

**Figure 1. Location of the plots in the Chaco Province**

En cada parcela de 1000 m<sup>2</sup> instalada se midió la altura en metros todos los árboles presentes con clinómetro de Suunto, a partir de los cuales se seleccionó una muestra de 10 árboles dominantes, el criterio de selección fue el propuesto por ASSMANN (1970), equivalente a la selección de los ejemplares más gruesos que deberían quedar para cosechar al fin de turno; que, además es utilizado ampliamente en la modelación forestal para la predicción de índices de sitio (PEREZ GONZÁLEZ *et al.*, 2012; CAÑADAS *et al.*, 1992; TAMARIT-URIAS *et al.*, 2014); Según THREN (1993), estos ejemplares representan el mayor valor del vuelo futuro, su desarrollo no es influenciado por raleos por lo bajo ni tampoco por el espaciamiento o densidad de plantación, ya que son los que sobreviven hasta el final del turno.

Los datos registrados fueron procesados con planilla de cálculo. Se consideró como variable dependiente altura dominante (Hdom) como promedio de la altura de los 10 árboles más gruesos de cada parcela o unidad de muestreo y la edad (e) de la misma como variable independiente.

A partir de los 117 pares de datos Hdom –edad obtenidos, empleando el método de la curva Guía (PRODAN *et al.*, 1997), se ajustó el modelo de Gompertz por técnicas de regresión no lineal empleando el software InfoStat (DI RIENZO *et al.*, 2015).

Diversos autores coinciden en que cualquier modelo de índice de sitio debe considerar de manera correcta los aspectos biológicos de crecimiento de las masas arbóreas (es decir, poseer origen en cero, punto de inflexión, punto de tangencia máximo y asíntota horizontal) y al mismo tiempo tener pocos parámetros (ALDER, 1980; CARMEAN, 1972; BURKHART Y GREGOIRE, 1994; ANDENMATTEN Y LETOURNEAU, 1998); por lo cual el modelo seleccionado se ajusta perfectamente a estas exigencias; conjuntamente se consideró una hipótesis de

crecimiento anamórfica, según esta hipótesis las tasas relativas de crecimiento en Hdom entre sitios es constante pero su potencialidad máxima varía (CLUTTER *et al.*, 1983).

La edad base o de referencia (ER) adoptada fue de 17 años considerando turnos que permitan la producción de madera gruesa para usos sólidos.

Una vez ajustado el modelo, para la formación de la familia de Curvas, se procedió según el método de Curva Guía el cual consiste en ajustar a los datos la función seleccionada, para posteriormente y para una edad de referencia determinada proceder a la armonización de esta Curva (ALDER, 1980; ZEPEDAY RIVERO, 1984; BURKHART Y GREGOIRE, 1994).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los estadísticos de tendencia central y dispersión de la altura dominante según la edad se muestran en la Tabla 1.

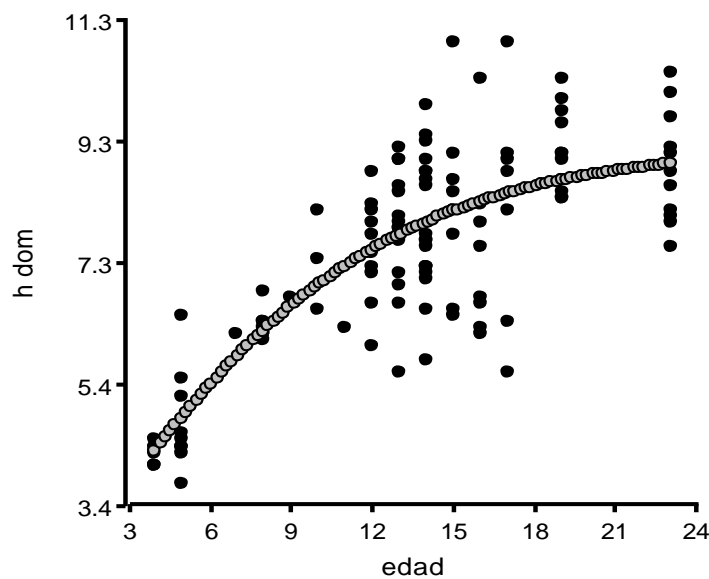
Se puede observar que, si bien existen algunas edades con pocas observaciones, están precedidas o seguidas de clases que poseen número suficiente observaciones o datos para compensar el vacío de información. La variabilidad de la altura dominante en cada edad en general no es muy elevada, destacándose la edad de 17 años con valores levemente superiores al 20% de CV, por esta razón se la tomo como edad de referencia, dado que esta variabilidad permitirá definir dentro de su rango de dispersión de alturas un número de clases suficiente con una amplitud que facilite la delimitación de las mismas.

A continuación, se muestran las gráficas con el modelo ajustado y los observados en el Gráfico 1.

Los estadísticos de ajuste de la ecuación se presentan en la Tabla 2.

**Tabla 1. Estadísticos descriptivos de la altura dominante según edad.**  
**Table 1. Descriptive statistics of the dominant height according to age**

Edad (años)	N	Media (m)	Desvío estándar	CV %	Mínimo (m)	Máximo (m)
4	5	4.28	0.18	4.18	4.1	4.5
5	9	4.8	0.81	16.86	3.8	6.5
7	1	6.2	0	0	6.2	6.2
8	8	6.34	0.25	3.95	6.1	6.9
9	1	6.8	0	0	6.8	6.8
10	3	7.4	0.8	10.81	6.6	8.2
11	1	6.3	0	0	6.3	6.3
12	10	7.58	0.82	10.88	6	8.8
13	14	7.89	1	12.72	5.6	9.2
14	19	7.99	1.07	13.35	5.8	9.9
15	8	8.29	1.41	17.06	6.5	10.9
16	8	7.53	1.36	18.11	6.2	10.3
17	7	8.29	1.78	21.5	5.6	10.9
19	12	9.13	0.65	7.12	8.4	10.3
23	11	8.89	0.9	10.18	7.6	10.4



**Gráfico 1. Representación modelo ajustado**  
**Graphic 1. Adjusted model representation**

**Tabla 2. Resumen del modelo ajustado y los estadísticos de ajuste.**  
**Table 2. Summary of the adjusted model and adjustment statistics.**

Ecuación	R <sup>2</sup>	EMC	AIC	BIC
$H_{dom} = 9.229 * \text{Exp}(-1.473 * \text{Exp}(-0.1667 * \text{edad}))$	0.6229	1.0100	338.61	349.66

*Hdom* = altura dominante (m); *EMC* = Error cuadrático medio; *AIC* = Criterio de información de Akaike, *BIC* = criterio de información bayesiano

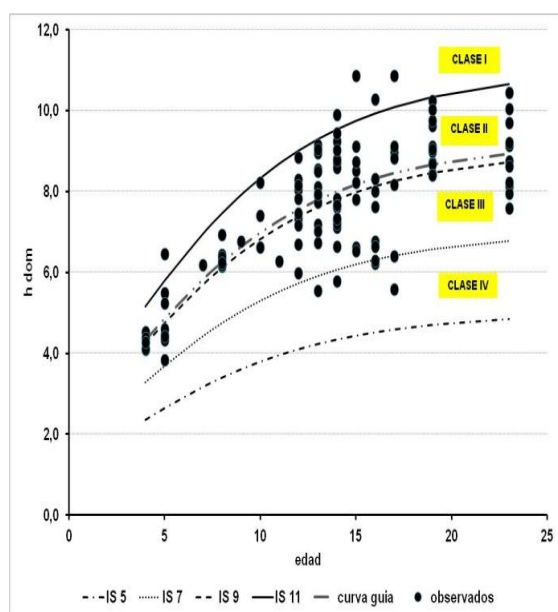
En el Gráfico 1 se puede observar que el mayor rango de alturas para una misma edad se halla entre los 15 y 17 años. Otro aspecto a destacar es que la curva ajustada en base a los datos relevados refleja que el ritmo de crecimiento en altura dominante de la especie en forestaciones tiende a disminuir y estabilizarse en edades cercanas a los 25 años. Si bien el grado de ajuste del modelo no es muy elevado, el mismo explica satisfactoriamente más del 60% de la variabilidad de la tura en base a la edad, por otro lado dado que es uno de los primeros estudios de este tipo para la especie sumado a la variabilidad genética que presenta la misma, se considera satisfactorio para su uso preliminar en la determinación de clases de calidad de sitio en el área de estudio.

La ecuación armonizada de la función de índice de sitio por lo tanto es:

$$IS = \frac{H_{dom}}{\text{Exp}(-1.473 * \text{Exp}(-0.1667 * \text{edad})) \times \text{Exp}(-1.473 * \text{Exp}(-0.1667 * 17))}$$

*IS = Índice de sitio; H<sub>dom</sub> = altura dominante (m).*

En base al rango de alturas encontradas a la edad de referencia se definieron las siguientes clases de calidad de sitio: Clase I: más de 11 metros; Clase II: de 9 a 11 metros; Clase III: de 7 a 9 metros y Clase IV: de 5 a 7 metros. En la Tabla 3 y Gráfico 2 se presentan los valores de índice de sitio para cada edad y las curvas según distinta calidad de sitio siendo la edad de referencia de 17 años.



**Gráfico 2. Curvas de índice de sitio.**  
**Graphic 2. Site index curves**

**Tabla 3. Valores de altura dominante según edad e índice de sitio.**

**Table 3. Values of dominant height according to age and site index**

Edad (años)	Altura dominante (m)			
	IS 5	IS 7	IS 9	IS 11
4	2.3	3.3	4.2	5.2
6	2.9	4.1	5.2	6.4
8	3.4	4.7	6.1	7.5
10	3.8	5.3	6.8	8.3
12	4.1	5.7	7.4	9.0
14	4.3	6.1	7.8	9.5
16	4.5	6.3	8.1	9.9
18	4.6	6.5	8.4	10.2
20	4.7	6.6	8.5	10.4
22	4.8	6.7	8.7	10.6
24	4.9	6.8	8.8	10.7

Se considera que un rango de 2 metros de altura dominante para cada calidad de sitio permite una mayor comodidad de trabajo a la hora de establecer calidades de sitio en el terreno. Se puede observar que las curvas favorecen la determinación de calidad a partir del 6° año, dado que antes los rangos de altura entre calidades son muy estrechos, por lo cual se aconseja especial cuidado en las mediciones a terreno.

## CONCLUSIONES

Dado que constituye una primera aproximación, las curvas generadas permiten una estimación de la calidad de sitio para plantaciones con algarrobo blanco en la provincia del Chaco a modo preliminar, debiendo restringirse su uso preferentemente a los rangos de altura y edad abarcados en este trabajo.

Se puede observar que la evolución o crecimiento de altura dominante tiende a estabilizarse en edades cercanas a los 25 años, siendo la pendiente cada vez menor.

Se trata de una especie cuyos rangos de variación de altura no son muy grandes por lo cual es necesario hacer una correcta medición de altura para incrementar la precisión de la estimación de calidad de sitio.

Debido al carácter anamórfico del método es necesario incrementar la base de datos y probar con otros modelos e hipótesis de crecimiento a los efectos de conocer la necesidad de proporcionalidad o no de las curvas de índice de sitio.

Se recomienda establecer relaciones entre las diferentes calidades y variables edáficas a fin de generar indicadores robustos de calidad de sitio que



proporcionen una orientación más certera en la elección de sitios a forestar con algarrobo blanco.

## BIBLIOGRAFÍA

ALDER, D. 1980. "Estimación del volumen forestal y predicción del rendimiento, con referencia especial a los trópicos". Vol 2: predicción del rendimiento. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Estudio FAO: Montes. Roma. 118 pp

ASSMANN, E. 1970. The Principles of Forest Yield Study. Oxford, UK, Pergamon Press. 506 pp. 24, 26

ÁLVAREZ, G. J., Barrio, A. M., Diéguez, A. U., y Rojo, A. A. 2004. Metodología para la construcción de curvas de calidad de estación. Cuadernos de la Sociedad Española de Ciencias Forestales, 18(1), 303–309. Obtenido de <http://www.secforestales.org/web/images/stories/c18.pdf>

ANDENMATTEN, E. y F. Letourneau. 1998. Curvas de índice de sitio y crecimiento en altura para Pino Oregón (*Pseudotsuga menziesii*) (Mirb.) Franco de aplicación en la Región Andino Patagónica de las provincias de Río Negro y Chubut, Argentina. Rev. Fac. Agron., La Plata 103 (1):69-75

BURKHART H y T Gregoire. 1994. Forest Biometrics. Handbook of Statistics, Vol. 12, Fourth Edition MacGraw Hill.

CAÑADAS, M., Calama, R., Güemes, C., y Montero, G. 1992. Modelo de calidad de estación para *Pinus pinea* L. en las masas del sistema central (valles del Tiétar y Alberche), mediante aplicación de la metodología propuesta por Goelz y Burk. Actas IV Congreso Forestal Español. Disponible en: <http://secforestales.org/publicaciones/index.php/congresos/article/view/7288/7211>.

CARMEAN, W. 1972. Site Index Curves for Upland Oaks in the Central States. Forest Science Volume 18 (2): 109-120.

CIESZEWSKI C J, R L Bailey. 2000. Generalized algebraic difference approach: theory based derivation of dynamic site equations with polymorphism and variable asymptotes. For. Sci. 46:116-126.

CLUTTER J L.; Forston, J. C.; Pienaar, L. V.; Brister, G. H.; Bailey, R. L. 1983. Timber

Management: A Quantitative Approach. John Wiley & Sons, Inc. New York. 333 p.

CORNEJO, O. E. H., Pereyra, G. J. A., Mares, A. O., Valencia, M. S., y Celestino F. L. 2005. Índice de sitio para *Pinus montezumae* Lamb. en la región de Cd. Hidalgo, Michoacán. Revista Fitotecnica Mexicana, 28(3), 213–219. Obtenido de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=61028305>

CUADRA, D. 2012. La problemática forestal en la provincia del Chaco, Argentina. Un análisis desde la Geografía. Revista Geográfica Digital. IGUNNE. ISSN 1668-5180 Facultad de Humanidades. UNNE. Año 9. N° 18. Resistencia, Chaco. 25 pp

DELVALLE, P. 2006. RALEOS SELECTIVOS EN FORESTACIÓN JOVEN de algarrobo blanco *Prosopis alba* Griseb. II Jornadas Forestales en Santiago del Estero: "El árbol. Forestación y aprovechamiento integral del algarrobo". Facultad de Ciencias Forestales. Universidad Nacional de Santiago del Estero. <http://fcf.unse.edu.ar/eventos/2-jornadas-forestales/pdfs/Raleos%20Selectivos%20en%20Forestacion%20Joven%20de%20Algarrobo%20Blanco.pdf> – visitado enero de 2016.

DI RIENZO J.A., Casanoves F., Balzarini M.G., Gonzalez L., Tablada M., Robledo C.W. InfoStat versión 2015. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL <http://www.infostat.com.ar>

MADRIGAL, H. S., Moreno, C. J., y Vázquez, C. I. 2005. Comparación de dos métodos de construcción de curvas de índice de sitio para *Pinus pseudostrobus* Lindl. Región Hidalgo-Zinapécuaro, Michoacán. Revista Ciencia Nicolaita, 40(1), 157–172. Obtenido de [http://www.cic.umich.mx/documento/ciencia\\_nicolaita/2005/40/Cn40-157.pdf](http://www.cic.umich.mx/documento/ciencia_nicolaita/2005/40/Cn40-157.pdf)

MORA, F., y Meza, V. 2003a. Curvas de índice de sitio para Teca (*Tectona grandis* Linn.) en la Vertiente del Pacífico de Costa Rica. In: Plantaciones de Teca (*Tectona grandis*): Posibilidades y perspectivas para su desarrollo. Seminario, 26, 27 y 28 de Noviembre. Ed. INISEFOR. Heredia, Costa Rica. 16 p. [www.una.ac.cr/inisefor](http://www.una.ac.cr/inisefor).

PAYANDEH, B., y Wang, Y. 1994. Relative accuracy of a new baseage invariant site index model. For. Sci. 40:341-343.

PÉREZ-GONZÁLEZ G., M. Domínguez-Domínguez, P. Martínez-Zurimendi y J. D. Etchevers-Barra (2012) Caracterización dasométrica e índice de sitio en plantaciones de caoba en Tabasco, México. *Madera y Bosques* 18:7-24

PRODAN, M.; Peters, R.; Cox, F.; Real, P. 1997. *Mensura forestal. Serie investigación y Educación en Desarrollo Sostenible Proyecto IICA/GTZ. San José, Costa Rica. 561p.*

RODRÍGUEZ-ACOSTA, M., y Arteaga-Martínez, B. 2005. Índice de sitio para *Pinus chiapensis* (Martínez) Andresen, en los estados de Veracruz y Puebla, México. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, 11(1), 39–44. Obtenido de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=62911106>

TAMARIT-URIAS, J.C.; De los Santos-Posadas, H.M.; Aldrete, A.; Valdez-Lazalde, J.R.; Ramírez-Maldonado, H. y De la Cruz, V.G. 2014. Ecuaciones dinámicas de índice de sitio para *Tectona grandis* en Campeche, México. *Revista Agrociencia* 48: 225-238.

THREN, M. 1993. *Dasometría. Apuntes de Clase. Serie técnica Forestal. UNSE – GTZ. Facultad de Ciencias Forestales. Universidad Nacional de Santiago del Estero. 182 pp*

TORRES, R. J. M. 2001. Curvas de índice de sitio de forma y escala variable en investigaciones forestales. *Revista Agrociencia*, 35(1), 87–98. Obtenido de <http://www.colpos.mx/agrocien/Bimestral/2001/ene-feb/art-8.pdf>

ZEPEDA B, B Rivero (1984) Construcción de curvas anamórficas de Índice de Sitio: Ejemplificación del método de Curva Guía. *Rev. Ciencia Ftal.* N°51. Vol 9.(Sep. Oct.), pp 1-38.

# AVALIAÇÃO DO BANCO DE SEMENTES DO SOLO EM ÁREAS COM DIFERENTES IDADES DE REGENERAÇÃO APÓS A EXTRAÇÃO DE *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden

EVALUATION OF SOIL SEED BANK ON AREAS WITH DIFFERENT AGES OF REGENERATION AFTER LOGGING *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden

Fecha de recepción: 13/09/2016/Fecha de aceptación: 02/05/2017

## Samara Welter Duarte

Acadêmica do Curso de Engenharia Florestal e Bolsista de Iniciação Científica PIBIC/CNPq, Universidade Regional de Blumenau – FURB, CEP 89030-000, Blumenau, SC. swduarte0@gmail.com

## Daiane Luchetta Ronchi

Bióloga, M.Sc. em Engenharia Florestal, Universidade Regional de Blumenau – FURB, CEP 89030-000, Blumenau, SC. daianeronchi@hotmail.com

## Lauri Amândio Schorn

Engenheiro Florestal, Dr., Depto. de Engenharia Florestal, Universidade Regional de Blumenau – FURB, CEP 89030-000, Blumenau, SC. lschorn@furb.br

## RESUMO

Este estudo teve como objetivo avaliar a composição e a similaridade do banco de sementes do solo de três áreas, sob regeneração natural, após a extração de *Eucalyptus grandis*, no município de Brusque, SC. As amostras de solo foram coletadas em dois períodos, em áreas com diferentes idades de regeneração: ambiente I - cinco anos e meio de regeneração; ambiente II - sete anos de regeneração; ambiente III - nove anos de regeneração. Foram coletadas 20 amostras de solo por ambiente, totalizando 60 por período amostrado, sendo distribuídas em bandejas de 60 x 40 x 10 cm e dispostas em canteiros a céu aberto para análise da germinação. Foram identificados 2.002 indivíduos, pertencentes a 36 espécies e 17 famílias. A maior densidade de indivíduos/m<sup>2</sup> ocorreu na área com menor idade de regeneração. A riqueza de espécies e a diversidade foram crescentes do ambiente I para o ambiente III. Os três ambientes obtiveram elevada similaridade em relação a sua composição florística.

**Palavras chave:** Banco de sementes do solo. Regeneração natural. Composição florística.

## SUMMARY

This study aimed to evaluate the composition and the similarity of the soil seed bank of three areas under natural regeneration, after extraction of *Eucalyptus grandis* in the city of Brusque, SC. Soil samples were collected in two periods, in areas with different regeneration age: environment I - five and a half years of regeneration; environment II - seven years of regeneration; environment III - nine years of regeneration. 20 soil samples were collected in each environment, totaling 60 samples in each period. The samples were distributed in trays of 60 x 40 x 10 cm and arranged in beds in the open for analysis of germination. 2,002 individuals belonging to 36 species and 17 families were identified. The highest density of individuals / m<sup>2</sup> occurred in the area under younger regeneration. There was a growth in number of species and diversity from environment I to the environment III. The three environments had high similarity to their floristic composition.

**Key words:** Bank of soil seed. Natural regeneration. Floristic composition

## INTRODUÇÃO

Em florestas, o processo de regeneração natural normalmente ocorre através do banco de sementes no solo, principal fonte de recrutamento de novos indivíduos em fases iniciais de sucessão, o qual é continuamente enriquecido pela chuva de sementes (REIS *et al.*, 2003). GROMBONE-GUARANTINI e RODRIGUES (2002) enfatizam a importância do banco e da chuva de sementes como recursos potenciais para o recrutamento de novos indivíduos e espécies, sendo a disponibilidade de propágulos e de agentes dispersores fundamentais para o restabelecimento estrutural da vegetação após um distúrbio. Nesse sentido, WHITMORE (1983) afirmou que o estoque de sementes existente no solo é determinante para o início da sucessão secundária em áreas que sofreram perturbação.

Sendo assim, o banco de sementes no solo é um importante fator na recolonização dessas áreas, dando início ao processo sucessional que é considerado um indicador do potencial de regeneração das florestas tropicais (VIEIRA e REIS, 2003; MARTINS *et al.*, 2015). Para KAGEYAMA e GANDARA (2000) no caso da presença de um banco de sementes e remanescentes florestais, não há a necessidade de introdução de espécies via plantio, utilizando a regeneração natural como forma mais adequada de restauração das áreas. Outra forma de restauração florestal é pela utilização de técnicas como a condução da regeneração natural ativando o banco de sementes, esse método proporciona uma redução de custos e promove a sucessão natural dos ecossistemas degradados (ZHANG *et al.*, 2001; NETO e SILVA, 2011).

O banco de sementes é composto por todas as sementes viáveis no solo ou associadas à serapilheira para uma determinada área em um determinado momento (SIMPSON *et al.*, 1989). Podendo estar em estado de dormência real ou imposta, presentes na superfície ou no interior do solo constituindo-se de um sistema dinâmico de entradas e saídas (HARPER, 1977). As entradas provêm dos mecanismos de dispersão pela chuva de sementes e, as saídas e permanência no solo, ocorrem através de respostas fisiológicas e propriedades fisiológicas controladas geneticamente, como sua capacidade de germinação, dormência, viabilidade e ligadas a estímulos ambientais, como também pela viabilidade e predação das sementes ou presença de patógenos (GASPARINO *et al.*, 2006; GARDWOOD, 1989).

A densidade do banco de sementes sofre influência de diversos fatores, incluindo o ambiente, estágio sucessional e o nível de perturbação ao qual a área está sujeita (SAULEY e SWAINE, 1988). Perturbações contínuas em uma determinada área podem esgotar progressivamente o banco de sementes e, dessa forma, limitar os estágios iniciais de uma floresta (KAGEYAMA *et al.*, 1989).

Os estudos de regeneração natural, de dinâmica dos processos de sucessão ecológica e do banco de

sementes são fundamentais para o entendimento do estabelecimento e evolução de um ecossistema florestal (NAPPO *et al.* 1999). Dados sobre a densidade e a diversidade de sementes armazenadas no solo podem fornecer indicações sobre a resiliência de uma determinada área, uma vez que a germinação das sementes ali presentes é uma fonte de entrada dos indivíduos na comunidade (ONAINDIA e AMEZAGA, 2000). Estes estudos podem ser usados como indicadores da capacidade de resiliência de ecossistemas florestais e da qualidade dos reflorestamentos heterogêneos (BARBOSA, 2006).

Diante do exposto, este trabalho teve como objetivo avaliar a florística, a composição em grupos ecológicos, em formas de vida e a similaridade do banco de sementes do solo de três áreas sob regeneração natural, caracterizados por diferentes idades após a extração de *Eucalyptus grandis*. Estabeleceu-se como hipótese que maiores diferenças de idade entre as áreas em regeneração diminuem a similaridade da composição florística, da riqueza e diversidade do banco de sementes no solo.

## MATERIAL E MÉTODOS

### Área de Estudo

O estudo foi realizado no município de Brusque, Santa Catarina, em áreas que anteriormente eram manejadas com cultura de *Eucalyptus grandis*, onde posteriormente foram abandonadas com intuito de incorporá-las às áreas de preservação permanente. A propriedade está inserida na Bacia Hidrográfica do Rio Itajaí, sub-bacia do Rio Itajaí Mirim, numa altitude aproximada de 206 metros e próximo às coordenadas 27°02'07" S e 48°54'40" O. Conforme a classificação de Köppen, o clima é do tipo Cfa – Clima Subtropical mesotérmico úmido com verão quente e sem estação seca. A temperatura média anual varia de 18 °C a 20 °C com precipitação total anual de 1.700 a 1.900 mm bem distribuídos durante todo o ano e umidade relativa anual entre 84 e 86% (EPAGRI, 2002).

A geologia da região é formada pelo Complexo Metamórfico Brusque, que é composto principalmente pela Formação Botuverá, pelo Granodiorito Valsungana e pelo Granito Guabiruba (SANTA CATARINA, 1986). O relevo varia de ondulado à forte ondulado nas encostas e suave ondulado nas depressões dos fundos de vales. Predomina na área de estudo o ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Alíco de textura média argilosa (EMBRAPA, 2004). A vegetação da área estudada está inserida na região fitoecológica Floresta Ombrófila Densa Submontana (IBGE, 2012). Na área do estudo predominam espécies das famílias, Myrtaceae, Asteraceae, Fabaceae e Melastomataceae, sendo as mais representativas e frequentes: *Jacaranda puberula*, *Alchornea glandulosa*, *Nectandra oppositifolia*, *Miconia cabucu*, *Campomanesia reitziana*, *Myrcia splendens*, *Piper mosenii*, *Myrsine coriacea* e *Matayba intermedia*. O entorno da área de estudos é formado por remanescentes da Floresta



Ombrófila Densa Submontana em estágio avançado de sucessão na porção norte e por reflorestamentos de *Eucalyptus grandis* nos demais lados.

### Coleta de Dados

As amostras de solo foram coletadas em dois períodos, agosto de 2013 (inverno) e fevereiro de 2014 (verão), em três talhões situados em margens de cursos de água que se encontram em três diferentes idades de regeneração: Ambiente I (AI), com cinco anos e meio de regeneração apresentando vegetação com predominância de espécies pioneiras e de porte herbáceo/arbustivas e altura de até 1,5 m; Ambiente II (AII), vegetação com sete anos de regeneração, apresentando um estrato inferior herbáceo/arbustivo e um estrato superior arbóreo mas sem formação de dossel, com altura entre 5 a 7 metros; e Ambiente III (AIII), com nove anos de regeneração, caracterizado por vegetação mais densa em relação aos ambientes AI e AII, com predominância de espécies arbóreas formando dossel descontínuo e com alturas entre 6 a 10 metros.

Para cada ambiente foram coletadas 20 amostras de solo, totalizando 60 por período amostrado, em pontos distribuídos ao acaso, a uma distância aproximada de 30 metros. As amostras foram coletadas nas dimensões de 0,50 m x 0,50 m, desprezando toda a camada de serapilheira e, em seguida, retirando o solo até uma profundidade de 10 cm, com auxílio de uma pá comum e de um gabarito de madeira com dimensões de 0,50 x 0,50 m (0,25 m<sup>2</sup>). O solo coletado foi armazenado em sacos plásticos, etiquetado e transportado para o Viveiro Florestal e Laboratório de Silvicultura na Universidade Regional de Blumenau (FURB), onde ocorreu a instalação do experimento.

Para montagem do experimento, foram utilizadas 60 bandejas plásticas (por período amostrado) no formato de 60 cm x 40 cm x 10 cm, as quais receberam uma camada de 5 cm de substrato vermiculita, sendo em seguida preenchidas com o solo coletado e posteriormente acrescentado 3 cm de substrato vermiculita. As bandejas foram dispostas em canteiros ao ar livre. Para o controle de contaminação, foram distribuídas três bandejas preenchidas com apenas substrato vermiculita. Para que não ocorresse excesso de água nas bandejas, foram feitas perfurações no fundo das mesmas. As irrigações não seguiram um padrão, foram realizadas conforme as condições climáticas para evitar o estresse do déficit hídrico.

A avaliação de germinação do experimento foi realizada mensalmente, através da identificação das espécies representadas no banco de sementes. As plantas não identificadas foram replantadas em sacos de polietileno com substrato para posterior identificação e as identificadas foram coletadas e não foram mantidas nas bandejas para controle da identificação.

### Análise dos dados

As espécies amostradas foram classificadas de acordo com o grupo ecológico pioneiras e secundárias iniciais, proposto por SWAINE e WITHMORE (1988), e pelas formas de vida, arbóreas, arbustivas, herbáceas

e pteridófitas, sendo que para as herbáceas foram considerados os cipós, as ervas e as gramíneas. A identificação foi realizada através de bibliografias específicas, comparação com exsicatas e consultas a especialista em taxonomia vegetal.

A quantidade total de indivíduos germinados foi transformada para metros quadrados. Foram analisadas a densidade de plântulas germinadas, a riqueza, a diversidade, através do índice de Shannon, e a equabilidade, através do índice de Pielou (MAGURRAN, 1988). Além da equabilidade para avaliar a riqueza de espécies foi utilizado para comparação o método de Mao Tau, mais conhecido como curva de rarefação, utilizando-se o número de sementes germinadas por espécie (COLWELL *et al.*, 2004).

Foi avaliada a similaridade da composição florística entre os estágios sucessionais, através do índice de Sørensen. Através dos dados da densidade por espécie foi realizado o teste de normalidade dos dados e, em função de seu resultado, foi realizada a análise da variância.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nos dois períodos amostrados germinaram 2.002 indivíduos no banco de sementes, distribuídos em 36 espécies, 21 gêneros e 17 famílias. Dois indivíduos foram identificados apenas em nível de família, dez indivíduos apenas em nível de gênero e dois indivíduos não foram identificados. As famílias com maior número de espécies foram Malvaceae (seis), Asteraceae (cinco) e Solanaceae (quatro), perfazendo um total de 24,7% das espécies identificadas. Em outros trabalhos essas famílias também foram as mais representativas, como é o caso de FRANCO *et al.* (2012) ao caracterizarem o banco de sementes de um trecho de Floresta Estacional Semidecidual Secundária em Minas Gerais e SCHORNet *et al.* (2013), que em seus estudos em Santa Catarina, apontaram que a família Asteraceae apresentou a maior quantidade de espécies.

No ambiente I, foram registradas 26 espécies, pertencentes a 14 famílias (Tabela 1), sendo as mais expressivas em número de espécies Malvaceae (30,5%), Poaceae (26,2%) e Rubiaceae (10,9%). As espécies que tiveram maior representatividade neste ambiente foram: *Brachiaria sp.*, *Sida planicaulis* e *Mitracarpus hirtus*. Nesta área foi observada a maior densidade de indivíduos (3.036 ind.m<sup>2</sup>).

No ambiente II foram registradas 27 espécies, distribuídas em 15 famílias (Tabela 1), sendo as mais representativas em riqueza Malvaceae (26,4%), Cyperaceae e Fabaceae (8,3%). Neste ambiente, *Sida rhombifolia*, *Phytolacca americana*, *Cyperus ferax* e *Mimosa bimucronata* tiveram maior representatividade. O ambiente III apresentou a menor densidade (1.992 ind.m<sup>2</sup>), porém alcançou o maior número de espécies coletadas (30), distribuídas em 16 famílias (Tabela 1), sendo que Malvaceae (17,3%), Cyperaceae (15,7%) e Poaceae (14,9%) foram as mais representativas em número de espécies. Já as espécies



mais representativas neste ambiente foram *Cyperus ferax*, *Sida rhombifolia*, *Ipomea sp.* e *Brachiaria sp.*

Entre as espécies mais representativas em densidade destacou-se a ocorrência de *Sida rhombifolia*, que segundo FABREGAS (1998) é uma planta invasora amplamente distribuída no território brasileiro, que se reproduz exclusivamente por sementes. Essas características garantem o sucesso na colonização das áreas devido a sua capacidade de sobrevivência por grandes períodos no solo, através de um banco de sementes persistente.

**Tabela 1. Parâmetros gerais do banco de sementes do solo das áreas em regeneração natural após a extração de *Eucalyptus grandis*, em Brusque, SC, Brasil. AI - regeneração natural com cinco anos e meio; AII - regeneração natural com sete anos; AIII - regeneração natural com nove anos**

**Table 1. General parameters of soil seed bank of natural regeneration areas after *Eucalyptus grandis* harvest, in Brusque, SC, Brazil. AI - natural regeneration at five and a half years; AII - natural regeneration at seven years; AIII - natural regeneration at nine years**

Parâmetros	Ambientes		
	AI	AII	AIII
Espécies	26	27	30
Famílias	15	17	16
Densidade (ind.m <sup>2</sup> )	3.036 a	2.980 a	1.992 a
Shannon (H')	0,72	0,88	0,88
Pielou (J)	2,35	2,9	3

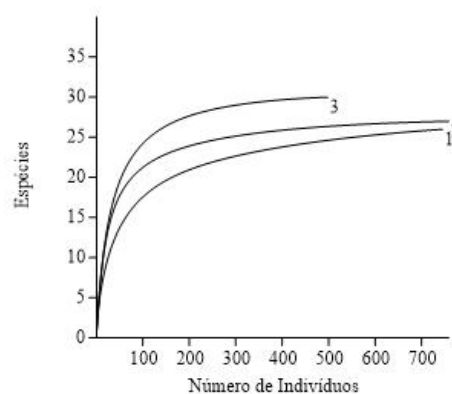
Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste não-paramétrico de Wilcoxon.

Os números totais de indivíduos germinados foram distintos entre os ambientes estudados, sendo decrescentes com o aumento do período de regeneração das áreas (sem diferenças significativas). A riqueza de espécies e famílias mostrou-se pouco diferente entre os ambientes, sendo ligeiramente crescente com as idades de regeneração. Comportamento semelhante foi verificado para a diversidade e a equabilidade, que mostraram valores crescentes com as idades de regeneração. Os gradientes de diversidade e equabilidade formados entre os três ambientes evidenciam o avanço do processo sucessional nas áreas com o aumento das idades de regeneração, onde o ingresso de espécies e a distribuição mais homogênea da densidade entre espécies tornam-se mais evidentes. Os resultados verificados neste trabalho em relação à densidade são convergentes com aqueles obtidos por QUANZ (2006), que obteve menores valores em florestas em estágio regenerativo mais avançado em relação à florestas em estágios mais iniciais. Por outro lado, CALDATO *et al.* (1996), obtiveram menores

taxas de ingresso de indivíduos de acordo com o nível de perturbação da área estudada. Nesse aspecto, pode-se considerar no presente trabalho, o possível efeito da presença de brotações de *Eucalyptus grandis*, distribuídas de forma esporádica mas que podem estar influenciando o desenvolvimento da regeneração natural através da competição, bem como com a presença antrópica para a realização da colheita de eucalipto em talhões adjacentes. Ambos os fatores podem afetar indiretamente na densidade e diversidade do banco de sementes no solo das áreas em estudo.

A variação da densidade de sementes e da diversidade de espécies germinadas também está intimamente relacionada ao uso anterior da área bem como seu grau de conservação. Estudos realizados nesse sentido indicaram que para vegetação secundária, podem ser encontrados valores médios entre 3.000 a 8.000 sementes/m<sup>2</sup> (UHL e CLARK, 1983; GARDWOOD, 1989; YOUNG, 1985; BUTLER e CHAZDON, 1998; ARAÚJO *et al.*, 2001).

Avaliando ainda a riqueza de espécies, pode-se observar através da curva de rarefação (Figura 2), que o ambiente III (AIII) com nove anos de regeneração possui a maior riqueza de espécies, seguido pelos ambientes II e I. Ao mesmo tempo, ambientes com regeneração mais jovem e com menor riqueza tiveram as maiores densidades, evidenciando a relação inversa entre as duas variáveis.



**Figura 2. Curvas de rarefação construídas a partir do número de sementes germinadas do banco de sementes do solo, em três ambientes em regeneração natural após a colheita de *Eucalyptus grandis* em Brusque, SC, Brasil**

**Figure 2. Rarefaction curves built with the number of germinated seeds of the soil seed bank in three sites of natural regeneration after the harvest of *Eucalyptus grandis* in Brusque, SC, Brazil.**

A análise qualitativa da composição florística, calculada de acordo com Sørensen, demonstrou que as áreas caracterizadas por diferentes idades de abandono obtiveram elevada similaridade (Tabela 3), com índices variando de 78 a 83. Quando o índice é superior a 50%

pode-se inferir que existe elevada similaridade entre as comunidades em relação às espécies encontradas (MAGURRAN, 1988; FELFILI e VENTUROLI, 2000). Embora as diferenças em similaridade tenham sido pequenas entre os ambientes para os dois períodos de coletas, a maior similaridade foi determinada entre os ambientes I e II, sugerindo que estes ambientes ainda apresentam condições ambientais menos diferenciadas em relação ao período de abandono, como é o caso dos níveis de luminosidade interna e umidade, possibilitando maior ingresso de sementes e espécies, diferentemente do ambiente III.

**Tabela 3. Similaridade entre a composição florística qualitativa das áreas em processo de regeneração natural após a colheita de *Eucalyptus grandis* em Brusque, SC, Brasil.**

**Table 3. Similarity between the qualitative floristic composition of the areas on natural regeneration process after the harvest of *Eucalyptus grandis* in Brusque, SC, Brasil**

Ambientes	Similaridade
I – II	83
I-III	78
II-III	80

A relevância dos resultados de estudos do banco de sementes no solo está relacionada principalmente ao conhecimento de sua riqueza e composição florística (BAIDER *et al.*, 1999), indicando o seu potencial para a recuperação de áreas degradadas. As espécies encontradas no banco de sementes no solo, no presente trabalho, evidenciam o potencial de regeneração e a dinâmica do processo sucessional em áreas anteriormente ocupadas com reflorestamento de *Eucalyptus*. Estas espécies estão diretamente relacionadas às condições em que cada um dos ambientes se encontra e quando estabelecidas contribuem para o ingresso de outras que deverão fazer parte da floresta em estágios de sucessão mais avançados (GOMEZ-POMPA e VÁZQUEZ-YANES, 1981; BAIDER *et al.*, 1999; MARTINS *et al.*, 2015).

## CONCLUSÕES

A hipótese estabelecida nos objetivos da pesquisa foi confirmada, conforme as considerações abaixo:

A densidade do banco de sementes no solo diminui com o aumento do período de abandono da área após a extração de *Eucalyptus grandis*.

A riqueza de espécies no banco de sementes no solo foi crescente com o avanço das idades de regeneração nas áreas.

A semelhança florística entre os ambientes foi elevada, sendo ligeiramente maior entre os de menor período de abandono após a colheita de *Eucalyptus*.

O banco de sementes no solo em ambientes de regeneração mais recente caracterizou-se pela densidade de sementes germinadas enquanto que em ambientes em regeneração mais avançadas houve maior riqueza de espécies.

O estudo mostrou que o banco de sementes no solo após a colheita de *Eucalyptus*, para as condições em que foi realizado, apresenta bom potencial para a restauração da vegetação natural e recuperação das áreas.

## REFERÊNCIAS

- ARAUJO, M. M.; Oliveira, F de A; Vieira, I.C.G; Barros, P. L. C de; Lima, C. A. T. 2001. Densidade e composição florística do banco de sementes do solo de florestas sucessionais na região do Baixo Rio Guamá, Amazônia Oriental. *Scientia Forestalis*, Piracicaba, n. 59, p. 115-130, jun.
- BAIDER, C.; Tabarelli, M.; Mantovani, W. 1999. O banco de sementes de um trecho de Floresta Atlântica Montana (São Paulo, Brasil). *Revista Brasileira de Biologia*, v. 59, n. 2, p. 319-328,
- BARBOSA, L. M. 2006. Manual para recuperação de áreas degradadas do estado de São Paulo: matas ciliares do interior paulista. São Paulo: Instituto de Botânica.
- BUTLER, B. J.; Chazdon, R. L. 1998. Species richness, spatial variation and abundance of soil seed bank of a secondary tropical rain forest. *Biotropica*, Storrs, v. 30, n. 2, p. 214 – 222.
- CALDATO, S; Floss, P. A; Croce, D. M da; Longhi, S. J. 1996. Estudo da regeneração natural, banco de sementes e chuva de sementes na reserva genética florestal de Caçador, SC. *Ciência Florestal*, Santa Maria, v. 6, n. 1, p. 27 – 38.
- COLWELL, R.K.; Mao, C.X.; Chang, J. 2004. Interpolating, extrapolating, and comparing incidence-based species accumulation curves. *Ecology*, v.85, p.2717-2727, EMBRAPA. 2004. Solos do Estado de Santa Catarina. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Rio de Janeiro. 721p.
- EPAGRI. 2002. Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina. Atlas climatológico de Santa Catarina. Florianópolis.
- FÁBREGAS, C. D. 1998. Dinâmica do banco de sementes de *Sida rhombifolia* L. (Malvaceae) na região de Campinas. 1998. 86 f. Tese (Doutora em Ciências Biológicas) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas.
- FELFILI, J. M.; Venturoli, F. 2000. Tópicos em análise da vegetação. *Comunicações Técnicas*

Florestais, v.2, n.2, p.1-25. Brasília: Universidade de Brasília.

FRANCO, B. K. S.; Martins, S. V.; Faria, P.C.L.; Ribeiro, G.A. 2012.Densidade e Composição florística do banco de Sementes de um trecho de floresta estacional semidecidual no campus da Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG. Rev. Árvore, v. 36, n. 3, p. 423-432.

GARDWOOD, N. C. 1989.Tropical soil seed Banks: a review. In: LECK, M. A.; Parker, V. T.; Simpson, R. A. (Ed.). Ecology of soil seed banks. San Diego: Academic Press, p. 149-209.

GASPARINO, D.; Malavasi, U.C.; Malavasi, M.M.; Souza, I. 2006.Quantificação do banco de sementes sob diferentes usos do solo em área de domínio ciliar. Revista Árvore, v.30, p.1-9.

GÓMEZ-POMPA, A.; Vázquez-yanes, C. N. 1981.Successional studies of a rain forest in Mexico, pp. 247-266. In: WEST, D. C.; Schugart, H. H.; Botkin, D. B. Forest concepts and application, Springer-Verlag: New York.

GROMBONE-GUARATINI, M. T.; Rodrigues, R. R. 2002. Seed bank and seed rain in a seasonal semi-deciduous forest in south-eastern Brazil. Journal of Tropical Ecology, v. 18, n. 1, p. 759-774.

HARPER, J. L. 1977. Population biology of plants. London: Academic Press, 892p.

IBGE. 2012. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Manual Técnico da Vegetação Brasileira. 2 ed. Rio de Janeiro: IBGE.

KAGEYAMA, P. Y.; Castro, C.F.A.; Carpanezzi, A. A. 1989. Implantação de matas ciliares: estratégias para auxiliar a sucessão secundária. In: SIMPÓSIO SOBRE MATA.

CILIAR, 1989, São Paulo. Anais... Campinas: Fundação Cargill.P.130-143.

KAGEYAMA, P.; Gandara, F. B. 2000. Recuperação de áreas ciliares.In: RODRIGUES, R.R.; Leitão Filho, H.F. (Ed). Matas ciliares: conservação e recuperação. EDUSP: São Paulo, cap.15.2, p 249-269.

MAGURRAN, A. E. 1988.Ecological diversity and its measurement. Chapman & Hall. London, p 7-25.

MARTINS, S. V.; Borges, E. E. de L.; Silva, K. de A. 2015.O banco de sementes do solo e sua utilização como bioindicador de restauração ecológica. In: Restauração Ecológica de Ecossistemas Degradados. Viçosa, MG: Editora UFV, 2ª ed., p. 293-330.

NAPPO, M. E.; Fontes, M. A. L.; Oliveira-Filho, A. T. 1999. Suficiência amostral e análise do tamanho de parcela para o estudo da regeneração natural do sub-bosque de povoamentos homogêneos de *Mimosa scabrella* Benth., em área minerada, em Poços de Caldas-MG. Revista Árvore, v. 23, n. 4, p. 443-453.

NETO, R.M.R.; Silva, D.F. 2011. Banco de sementes de um remanescente florestal e duas áreas de pastagem de diferentes idades, em Alta Floresta/MT. Revista Brasileira de Ciências Agrárias, v.6, p.113-120.

ONAINDIA, M.; Amezaga, I. 2000. Seasonal variation in the seed banks of native woodland and coniferous plantations in northern Spain. Forest Ecology and Management, Amsterdam, v. 126, n. 2, p. 163-172.

QUANZ, B. 2006.Banco de sementes do solo de uma floresta de terra firme na Fazenda Rio Capim, Paragominas – PA, aos treze meses após exploração de um impacto reduzido Belém, PA. 2006. 68 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém.

REIS, A; Bachara, F.C; Espíndola, M. B de; Vieira, N. K; Souza, L. L de.1986.Restauração de áreas degradadas: a nucleação como base para incrementar os processos sucessionais. Natureza & Conservação, Curitiba, v. 1, n. 1, p. 28-36, abril 2003.

SANTA CATARINA. Gabinete de Planejamento e Coordenação Geral. Atlas de Santa Catarina. Florianópolis: GAPLAN/SUEGI, 173p.

SAULEY, S. M.; SWAINE, M. D. 1988. Rain forest seed dynamics during secession at Gogol, Papua New Guinea. Journal of Ecology, Oxford, n. 76, p. 1133-1152.

SCHORN, L. A; Fenilli, T.A.B; Krüger, A; Pellens, G.C; Budag, J.J; Nadolny, m.c.2013.Composição do banco de sementes no solo em áreas de preservação permanente sob diferentes tipos de cobertura. Floresta, Curitiba, PR, v. 43, n. 1, p. 49 – 58.

SIMPSON, R. L.; Lek, M. A.; Parker, V. T. 1989.Seed banks: general concepts and metodological issues. In: LEK, M. A.; Parker, V. T.; Simpson, R. L.(ed.) Ecology of soil seed banks. Academic Press, San Diego, p. 3-8.

SWAINE, M. D.; Whitmore, T. C. 1988.On the definition of ecological species groups in tropical rain forest. Vegetation, v. 75, n. 2, p. 81-86.

UHL, C.; Clark, H. 1983. Seed ecology of selected amazon basin sucessional species. Botanical Gazette, v. 144, p. 419 – 425.

VIEIRA, N. K.; Reis, A. 2013. O papel do banco de sementes na restauração de áreas degradadas. Disponível em: <[http://www.sobrade.com.br/eventos/2003/seminario/Tabalhos/028.pdf](http://www.sobrade.com.br/eventos/2003/seminario/Trabalhos/028.pdf)>. Acesso em: 12/07/2013

ZHANG, Z.Q.; Shu, W.S.; Lan, C.Y.; Wong, M.H. 2001. Soil seed banks as an input of seed source in revegetation of lead/zinc mine tailings. Restoration Ecology, v.9, p.378-385.

WHITMORE, T. C. 1983. Canopy gaps and the two major groups of forest trees. Ecology, v. 70, n. 3, p. 536-538.

YOUNG, K. R. 1985. Deeply buried seeds in a tropical wet forest in Costa Rica. Biotropica, Gainesville, v. 17, n. 4, p. 336 - 338.

# IDENTIFICACIÓN DE HORMIGAS CORTADORAS DE HOJAS DE LA PROVINCIA DE MISIONES POR HERRAMIENTAS MORFOLÓGICAS Y MOLECULARES

IDENTIFICATION OF LEAF-CUTTING ANTS FROM THE PROVINCE OF MISIONES BY MORPHOLOGICAL AND MOLECULAR TOOLS

Fecha de recepción: 27/09/2016/Fecha de aceptación: 02/05/2017

**Gustavo Ángel Bich**  
**María Lorena Castrillo**  
**Fernando Kramer**  
**Laura Lidia Villalba**  
**Pedro Darío Zapata**

Instituto de Biotecnología  
Misiones “Dra. María Ebe Reca”,  
Universidad Nacional de Misiones.  
Ruta 12, km 7,5. CP 3300.  
Posadas, Misiones, Argentina. E-  
mail gustavobich@gmail.com.

## RESUMEN

Las hormigas cortadoras de hojas se encuentran entre los principales insectos plaga de las plantaciones forestales en la provincia de Misiones. En la identificación de los insectos plaga tradicionalmente se emplean caracteres morfológicos. Sin embargo, numerosos grupos de insectos son indistinguibles o presentan diferencias muy sutiles entre ellos. Incluso aunque la taxonomía sea un área compleja y en continuo cambio, numerosas claves y bases de datos de identificación están desactualizados dificultando una identificación taxonómica adecuada. En este contexto los datos moleculares se pueden emplear como una herramienta auxiliar a los datos morfológicos. Los objetivos de este trabajo fueron identificar morfológica y molecularmente hormigas cortadoras de hojas que atacan a plantaciones forestales de la provincia de Misiones. Fue posible extraer ADN de buena calidad de dos especies de hormigas cortadoras de hojas de los géneros *Atta* y *Acromyrmex*. Y estos datos fueron empleados como herramienta complementaria en la identificación taxonómica de estas hormigas cortadoras de hojas.

**Palabras clave:** *Atta*, *Acromyrmex*, Citocromo Oxidasa I, taxonomía.

## SUMMARY

Leaf-cutting ants are among the major pests in forest plantations in the province of Misiones. Traditionally morphological characters are used to identify insect pests. However, numerous groups of insects are indistinguishable or show very subtle differences between them. Even though the taxonomy is a complex and constantly changing area, numerous identification keys and databases are outdated making it difficult to adequately identify many insects taxonomically. In this context the molecular data can be used as an auxiliary tool to the morphological data. The aim of this study was to identify morphologically and molecularly leaf-cutting ants that affect forest plantations in the province of Misiones. It was possible to extract DNA of good quality of two species of leaf-cutting ants of *Atta* and *Acromyrmex* genera. And these data were used as a complement tool in the taxonomic identification of these leaf-cutting ants.

**Key words:** *Atta*, *Acromyrmex*, Cytochrome oxidase I, taxonomy.



## INTRODUCCIÓN

La actividad del sector foresto-industrial es una de las principales actividades económicas de la provincia de Misiones (WEBER 2005). Dentro de las principales plagas que afectan las plantaciones forestales se encuentran las hormigas cortadoras de hojas de los géneros *Acromyrmex* y *Atta* (Hymenoptera, Formicidae, Attini) (VIZCARRA SÁNCHEZ 2004).

El principal daño provocado por estos insectos deviene de la actividad de los mismos al defoliar total o parcialmente numerosas especies vegetales (VACCARO Y MOUSQUÉS 1997). Se ha indicado que un hormiguero adulto es capaz de consumir entre 50 y 150 kilogramos de material vegetal por día (LIMA 1992). Daños de suma importancia fueron registrados en el diámetro y altura de plantaciones de pinos y eucaliptos en varios países latinoamericanos, donde se estima que son necesarios 86 árboles de eucalipto o 161 árboles de pino para abastecer como sustrato a un hormiguero adulto durante el transcurso de un año (FORTI Y CASTELLANI BOARETTO 1997).

En los proyectos de sanidad forestal, para lograr un manejo efectivo de las plagas, entre otros requerimientos, es necesaria una correcta identificación de las plagas (FAO 2012). Tradicionalmente para la identificación se emplean insectos adultos, junto a referencias bibliográficas, claves especiales de identificación y fotografías que muestran la estructura morfológica. Sin embargo numerosos grupos de insectos son morfológicamente indistinguibles (especies crípticas) a pesar de que puedan llegar a presentar diferencias a nivel genético (VIVERO *et al.* 2009; PANPROMMIN *et al.* 2017). En numerosas ocasiones la identificación rápida de dichas especies se ve dificultada por la escasez de especialistas en los distintos grupos taxonómicos y de herramientas adecuadas (claves dicotómicas, buenas ilustraciones, bibliografía sobre aspectos biológicos de las especies, bases de datos taxonómicas completas y actualizadas), hecho que se agrava cuando sólo se cuenta con ejemplares inmaduros o fragmentos de ellos. Debido a esto, en el caso de algunas plagas de gran importancia económica a nivel internacional, se aplican herramientas de identificación molecular como complemento de las claves de identificación morfológicas (LANTERI 2007).

En los últimos 50 años, las herramientas bioquímicas y moleculares han permitido explorar las diferencias a nivel genético entre individuos (SNOW Y PARKER 1998). La técnica molecular de amplificación de fragmentos de ADN por la reacción en cadena de la polimerasa (PCR) permite comparar directa o indirectamente diferentes genes, segmentos de genes o segmentos de ADN en el genoma de insectos (ALVAREZ *et al.* 2005).

Durante la conferencia internacional sobre *Barcoding life*, realizada en Londres en el 2005, se propuso usar una secuencia de nucleótidos del gen

mitocondrial de la Citocromo Oxidasa I (COI), como «identificador universal» para especies animales en analogía con los códigos de barras de uso comercial. Este código de barras del ADN resulta de gran utilidad para la identificación de especies pertenecientes a taxones difícilmente diagnosticables sobre la base de morfología, como para interceptar especies invasoras, que pueden transformarse en plagas en diferentes países (LANTERI 2007).

Por lo expuesto, se plantea como objetivo del presente trabajo, identificar morfológica y molecularmente hormigas cortadoras de hojas que afectan plantaciones forestales de la provincia de Misiones.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Fueron seleccionados nidos de hormigas cortadoras de hojas de los géneros *Acromyrmex* y *Atta* que afectaban plantaciones forestales del sur de la provincia de Misiones (Figura 1).

Se colectaron quince insectos adultos de cada uno de los géneros y se transportaron al laboratorio. En primera instancia, se realizó la identificación taxonómica morfológica a nivel de género y luego se realizó la extracción de ADN, empleando técnicas estandarizadas de aislamiento utilizadas en insectos (MARTOS-SCHOTT 2011) para la identificación molecular por ADN. La cuantificación y verificación de la pureza de los ácidos nucleicos extraídos se realizó utilizando técnicas estandarizadas de espectrofotometría. Las muestras fueron cuantificadas a las longitudes de onda de 260 nm y 280 nm (SAMBROOK *et al.* 1989).

Luego, se amplificó la región mitocondrial COI por la técnica PCR. Los cebadores utilizados fueron **LCO1490 F-** (5'-ggTCAACAAATCATAAAgATATTgg-3') y **HCO2198 R-** (5'-TAAACTTCaggTgACCAAAAAATCA-3') (Folmer *et al.* 1994). Para llevar a cabo la amplificación por PCR se utilizaron los cebadores universales descritos anteriormente, se preparó una master mix a volumen final de 20 µL, conteniendo agua libre de DNasa, Buffer 1X, MgCl<sub>2</sub> 2,5 mM, dNTPs 200 µM, 10 pmol de cada uno de los cebadores universales y Taq polimerasa 0,5 unidades (InBio, Argentina). Se utilizó un termociclador Hangzhou Bioer Technology CO (GenePro Thermal Cycler, modelo TC-E-48D, B-48D). El programa de ciclado utilizado, consistió en:

- Desnaturalización inicial: 94°C durante 4 min.
- 35 ciclos: 40 seg a 94°C, 40 seg a 51°C y 40 seg a 72°C.
- Extensión final: 72°C durante 10 min.

Los productos de amplificación fueron purificados y secuenciados por el servicio de MacroGen-Korea. Las secuencias de ADN obtenidas fueron empleadas en las bases de datos biológicas del *National Center for Biotechnology Information* (NCBI) para complementar la identificación morfológica realizada.



**Figura 1: Sitios de muestreo de los nidos de hormigas cortadoras de hojas de los géneros *Atta* y *Acromyrmex*.**  
**Figure 1: Sampling sites of leaf-cutting ant nests of *Atta* and *Acromyrmex* genera.**

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En primera instancia, observando los caracteres morfológicos distinguibles en los insectos adultos de las hormigas cortadoras recolectadas, como ser: tamaño de sus castas, número de espinas dorsales y de los lóbulos laterales de la cabeza, tipo de abdomen, color, entre otros, se logró la identificación morfológica de los insectos adultos como pertenecientes a los géneros *Acromyrmex* y *Atta* (Figura 2).

Luego se procedió a la extracción de ADN a partir de las muestras de hormigas cortadoras de hojas de este trabajo y se obtuvieron  $8.91 \pm 0.29 \mu\text{g}$  de ADN para el caso de *Acromyrmex*, y  $10.57 \pm 0.19 \mu\text{g}$  de ADN para el caso de *Atta*.

A partir de la obtención de ADN en cantidad y calidad adecuada, se realizó la técnica de amplificación por PCR de la región mitocondrial CO I y se obtuvo un fragmento de aproximadamente 800 pb de buena calidad (Figura 3).

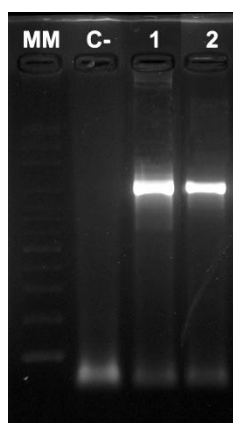
La secuenciación y contrastación con la base de datos del NCBI de los fragmentos de ADN obtenidos, permitió obtener información molecular de ambas especies de insectos y complementar la identificación taxonómica de las hormigas cortadoras de hojas como pertenecientes a las especies *Acromyrmex subterraneus* (Forel) y *Atta sexdens* (Linnaeus).

Actualmente existe un número limitado de secuencias genéticas del gen mitocondrial CO I de hormigas cortadoras en las bases de datos biológicas, por ello las secuencias genéticas obtenidas en este trabajo serán depositadas en la base de datos del NCBI para colaborar con información genética de hormigas cortadoras de hojas propias de la provincia de Misiones (Argentina) que podrán ser utilizadas por otros autores en futuras búsquedas.



**Figura 2: Fotografía en lupa estereoscópica para la identificación de hormigas cortadoras de hojas colectadas en Misiones. a) *Acromyrmex*. b) *Atta*. Flechas indican las espinas dorsales.**

**Figure 2: Stereoscopic magnified photos for the identification of leaf-cutting ants in Misiones. a) *Acromyrmex*. b) *Atta*. Arrows indicate the spines.**



**Figura 3. Gel de agarosa al 2% (p/v) de los productos de amplificación por PCR del gen mitocondrial CO I de muestras de hormigas de los géneros *Acromyrmex* y *Atta*. MM: marcador molecular de 100 pb ADN (Fermentas). C-: control negativo. Carril 1: *Acromyrmex*. Carril 2: *Atta*.**

**Figure 3. Agarose gel 2% (w/v) of PCR amplification products of the mitochondrial CO I gene from ant samples of *Acromyrmex* and *Atta* genera. MM: molecular ladder of 100 bp DNA (Fermentas). C-: negative control. Lane 1: *Acromyrmex*. Lane 2: *Atta*.**

Cabe destacar que desde hace varios años, los diferentes grupos de investigación buscan trabajar con una “taxonomía integrada” (DAYRAT 2005), que implica el uso de distintas fuentes de caracteres (incluido el ADN) para descubrir, delimitar y realizar identificaciones de las especies y de los taxones naturales en todos los niveles. Resulta importante destacar que las técnicas moleculares no reemplazan, ni eliminan la necesidad de utilizar herramientas de taxonomía clásica o convencional, sino que por el contrario, deben ser usadas a fin de complementar los estudios para alcanzar una identificación completa, acertada y lo suficientemente descriptiva, especialmente cuando se propone llegar a una identificación a nivel de especie (CASTRILLO 2015).

A través de una taxonomía integrada los taxónomos podrán proporcionar al resto de la comunidad científica información que le permitan identificar a las especies y taxones superiores, aplicando la tecnología de diagnóstico molecular como complemento de las claves morfotaxonómicas (WILL *et al.* 2005).

## CONCLUSIÓN

Empleando la metodología descripta fue posible identificar morfológicamente y molecularmente los insectos adultos de hormigas cortadoras de hojas recolectados

como pertenecientes a los géneros *Acromyrmex subterraneus* (Forel) y *Atta sexdens* (Linnaeus).

Los resultados indican que las herramientas moleculares constituyen una fuente de información útil de ser utilizada como complemento de la caracterización morfológica para la identificación y clasificación taxonómica de los insectos que afectan a plantaciones de interés forestal.

## AGRADECIMIENTOS

Castrillo posee una beca de investigación de postgrado del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas de Argentina (CONICET). Y Bich posee una beca cofinanciada del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas de Argentina (CONICET) y el Comité Ejecutivo de Desarrollo e Innovación Tecnológica (CEDIT) de Misiones.

## BIBLIOGRAFÍA

ALVARES J., Menalled F., Hoy M. 2005. Las herramientas moleculares en el control biológico. Manejo Integrado de Plagas y Agroecología (Costa Rica). 74, pp 4-11.

CASTRILLO M.L. 2015. Caracterización de celulasas secretadas por aislamientos de *Trichoderma*, nativos de la provincia de Misiones (Argentina) aplicables en la etapa de sacarificación. Tesis doctoral. Universidad Nacional de Misiones. Argentina. 275 pp.

DAYRAT B. 2005. Towards integrative taxonomy. Biology Journal of Linnaeus Society. 85, pp 401-415.

FAO. 2012. Cap 3: Buenas prácticas de protección de la sanidad forestal. En Guía para la aplicación de normas fitosanitarias en el sector forestal. ESTUDIO FAO: MONTES. 164.

FOLMER O., Black M., Hoeh W., Lutz R., Vrijenhoek R. 1994 DNA primers for amplification of mitochondrial cytochrome c oxidase subunit I from diverse metazoan invertebrates. Molecular Marine Biology and Biotechnology. 3, pp 294-299.

FORTI L.C., Castellani-Boaretto, M.A.C. 1997. Formigas cortadeiras. Biología, ecología, danos e controle. Botucatu. 61pp.

LANTERI A. 2007. Código de barras del ADN y sus posibles aplicaciones en el campo de la Entomología. Revista Sociedad Entomologica Argentina. 66, pp 15-25.

LIMA P.P. 1992. Palestra sobre Formigas cortadeiras. Memória de Reunião de Especialistas em

Controle Alternativo de Cupins e Formigas. Ibama, Brasil. Pp 23-24.

MARTOS-SCHOTT Y. 2011. Caracterización de una región del gen COI para la identificación molecular de dípteros ("DNA Barcoding") de la familia Sarcophagidae en la provincia de Misiones. Tesina de Licenciatura en genética. Universidad Nacional de Misiones. Misiones, Argentina. 80 pp.

PANPROMMIN D., Panprommin N. 2017. Assessment of the DNA barcoding for identification of *Trigonostigma somphongsi*, a critically endangered species in Thailand. *Biochemical Systematics and Ecology*. 70, pp 200-204.

SAMBROOK J., Fritschi E.F., Maniatis T. 1989. Molecular cloning: a laboratory manual. Cold Spring Harbor Laboratory Press. New York. 545 pp.

SNOW A., Parker P. 1998. Molecular markers for population biology. *Ecology*. 79, pp 359-360.

VACCARO C.N., Mousques A.J. 1997. Hormigas cortadoras (géneros *Atta* y *Acromyrmex*) y taturúes en Entre Ríos. Concordia XII Jornadas Forestales de Entre Ríos. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. 34, pp 7.

VIVERO R.J., Contreras-Gutiérrez M.A., Bejarano E.E. 2009. Cambios en el extremo carboxilo terminal de citocromo b como carácter taxonómico en *Lutzomyia* (Diptera: Psychodidae). *Revista Colombiana de Entomología*. 35, pp 83-88.

WEBER E. 2005. Densidad básica de madera de *Pinus taeda* L. Marion de diferentes edades, Misiones, Argentina. *Floresta*. 35, pp 2.

WILL K., Mishler B., Wheeler Q. 2005. The perils of DNA Barcoding and the need for integrative taxonomy. *Systematic Biology*. 54, pp 844-851.



# MULTIPLICACIÓN VEGETATIVA DE LOURO NEGRO (*Cordia trichotoma* VELL.) POR ESTACAS

VEGETATIVE PROPAGATION OF LOURO NEGRO (*Cordia trichotoma* VELL.) BY CUTTINGS

Fecha de recepción: 30/09/2016/Fecha de aceptación: 02/05/2017

## Dayana Suelen Seidel

Académica de Ingeniería Forestal-UTFPR, Bolsista do Programa de Educación Tutorial- PET, Dois Vizinhos- Paraná, Brasil. dayanaseidel@hotmail.com

## Américo Wagner Junior Simone Neumann Wendt

Profesor (a) Universidad Tecnológica Federal do Paraná-UTFPR

## Cristian Medrado Canonico

## Ana Carolina Ricardi

## Ludian Carlos Vitorelo

## Charles Costa Coelho

## Dionatan Gerber

Académico de Ingeniería Forestal-UTFPR, Dois Vizinhos- Paraná

## RESUMO

Con un gran potencial para plantaciones comerciales, el Loro negro (*Cordia trichotoma* Vell.) tiene limitaciones en cuanto a obtener plántulas. Este estudio tuvo como objetivo establecer un protocolo apropiado para la propagación vegetativa mediante la evaluación de estacas de ramas semi-leñosas o ramas herbáceas, el efecto del uso de la hormona AIB y el uso de sustrato calentado y sin calentaren el enraizamiento. Después de 75 días se evaluó mortalidad del material; donde se observe un 93,75% sin formación significativa de raíces (0,21%) y 1,67% estaca que brotaron. No fue posible observar diferencias entre los tratamientos para las variables de sustrato calentado o no, de concentración AIB y el tipo de estaca.

### Palabras

Enraizamiento, Sustrato calentado, Auxina, Brotes.

## SUMMARY

Although Loro- Negro (*Cordia trichotoma* Vell.) has a great potential for commercial plantations it has limitations as regards obtaining seedlings. This study aimed to establish the appropriate protocol for vegetative propagation through the evaluation of semi-woody branches or herbaceous branches, the effect of the use of the hormone AIB and the use of heated substrate and without heating in rooting. After 75 days, the material was evaluated presenting 93.75% mortality without significant formation of roots (0.21%) and 1.67% sprouted stakes. It was not possible to observe differences between treatments for the variables of heated or unheated substrate, IBA concentration and the type of stake.

### Key words:

Rooting, Heated substrate, Auxin, Sprouts.



## INTRODUCCIÓN

Perteneciente a la familia Boraginaceae, *Cordia trichotoma* Vell., es una de las especies nativas más prometedoras para la siembra en el sur, medio oeste y el sudeste de Brasil, mostrando un crecimiento rápido, buen desarrollo, excelente calidad de llamadera y una regeneración natural vigorosa (CARVALHO, 2003). Es un árbol de hoja caduca, considerado temprana a secundaria tardía, con un mayor crecimiento en áreas sin fuertes heladas y temperatura media anual superior a los 18 ° C (LORENZI, 2008).

Puede alcanzar 35 metros de altura y 100 cm de diámetro en la edad adulta (REITZ et al., 1988). Su madera es de color amarillo-marrón con pequeños anillos de crecimiento distintos (Gonzaga, 2006), de densidad leve a moderadamente pesada (0,60 a 0,80 g / cm<sup>3</sup>), y de fácil trabajabilidad. Muestra un crecimiento lento a moderado (CARVALHO, 2006), alcanzando el mayor aumento volumétrico de 20 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> por año, cuando está bien distribuido (REITZ et al., 1988), siendo viable su uso en la reforestación con fines comerciales (SCHEEREN et al., 2005).

El árbol tiene cualidades ornamentales y puede ser utilizado en jardinería. También es adecuado para la reforestación en la recuperación de áreas degradadas (LORENZI, 2008). La propagación de *C. trichotoma* se produce de forma natural a través de la vía sexual, por medio de sus semillas, las cuales se caracterizan por ser recalcitrantes (CARVALHO, 2003), posee una germinación lenta y despereja, que dificulta la obtención de nuevas plántulas proceso por esta vía (MENDONÇA et al., 2001).

El uso de propagación vegetativa asexual, a lo largo de los años, ha demostrado ser un medio idóneo para atender la demanda de nuevas plantas, y lograr superar los obstáculos actuales para la producción de plántulas de forma seminal. Para ello, las partes vegetativas de la planta de interés se utilizan para su propagación, evitando con ello la variabilidad genética, que se obtendrían de la propagación sexual, trayendo beneficios para el sector forestal, por medio de plantaciones clonales es con superioridad genética, por tanto, con jugándose factores de interés como mejorar la calidad de la madera y sus derivados (FLAG et al., 2007, XAVIER et al., 2009). Para llevar adelante la propagación, se pueden emplear diversas técnicas, tales como estaca, minicutting, micro estaca, entre otros. La técnica más utilizada, obteniendo buenos resultados en plantas leñosas, ha sido la estaca (XAVIER et al., 2009). Esto ha sido ampliamente utilizado por la facilidad y características de bajo costo, y la capacidad de enraizamiento, localidad del sistema de raíces y el desarrollo de la planta, en función de cada especie (NEVES et al., 2006).

Los protocolos desarrollados para la propagación vegetativa de loro negro han presentado una serie de limitaciones para su adopción a escala comercial, especialmente en relación con el

enraizamiento, y estoca si siempre sin éxito. También fueron probados estacas de raíz, los cuales son viables cuando se analizan las tasas de enraizamiento (LADA et al., 2007), pero se convierten una puerta de entrada de patógenos a la matriz de árbol, además de dañarlo. Por lo tanto, es de suma importancia obtener un protocolo adecuado por medio de la propagación vegetativa loro negro, tratando de combinar todos los factores favorables, el cual permita la producción de plantas por clonación, satisfaciendo la demanda del mercado.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se realizó en el vivero de producción de plantas que pertenecen a la Universidad Tecnológica Federal de Paraná (UTFPR), Campus Dois Vizinhos - Paraná, Brasil, y el material vegetal recolectado de las plantas con brotes localizados en el Campus de la Universidad, donde la planta madre tienen aproximadamente tres años de edad.

Las estacas fueron estandarizadas con longitud de 12 cm, teniendo las estacas de origen herbáceos dos hojas reducidas a la mitad e, y las estacas semi-leñosas sin hojas, ambos con corte biselado en la base. Posteriormente fueron inmersas en un recipiente durante 60 segundos en la solución de tratamiento con AIB (Ácido Indol Butírico) a concentraciones de 0; 4,000 y 8,000 mg L<sup>-1</sup>, e, puestos en el sustrato, del tipo comercial Maxx® de corteza de pino compostada, vermiculita y la fertilización básica.

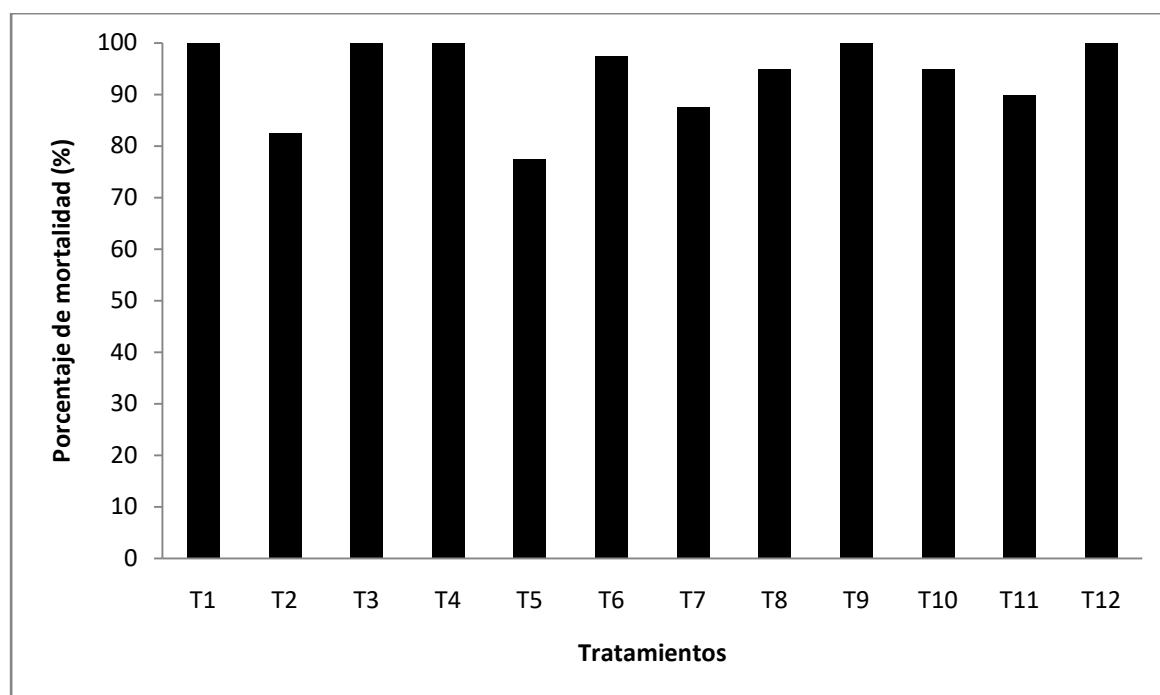
El sistema de calentamiento del sustrato se llevó a cabo en cajas de leche adecuadamente desinfectados, pintados exteriormente con pintura en aerosol negro mate. Los tratamientos se mantuvieron en un invernadero con un sistema de riego por nebulización, con control de la humedad y la temperatura, durante un período de 75 días.

El diseño experimental utilizado fue el de bloques al azar con arreglo factorial 3x2x2 (concentración de AIB x el tipo de estaca x recipiente-sustrato calentado o no), con 4 repeticiones de 10 estacas como unidad experimental.

Después de 75 días, se evaluó sobrevivencia del material, el porcentaje de estacas enraizadas, e indiferencia, el número y la duración media de la raíz, el número de brotes, longitud de brotes y número de hojas producidas.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El experimento mostró una alta tasa de mortalidad total (93,75%), como se muestra en la Figura 1, donde el tratamiento T5 tuvo menor mortalidad (77,5%), e los tratamientos T1, T3, T4, T9 e T12 obtenían una mortalidad del 100%. 12 tratamientos fueron probados con 4 repeticiones de 10 estacas cada una (Tabla 1), que oscila con el tipo de estaca, semi-leñosas o herbáceas, la concentración de la AIB para inducir el enraizamiento, y, el sustrato, se calienta o no.



**Figura 1. El porcentaje de mortalidad de acuerdo con el tratamiento aplicado.**  
**Figure 1. Percentage of mortality according to the applied treatment.**

**Tabla 1. Tratamientos, de acuerdo con el tipo de estaca, de sustrato y la concentración de AIB.**  
**Table 1. Treatments, according to the type of stake, substrate and IBA concentration.**

T	Sustrato	AIB mg <sup>-1</sup>	Estaca
T1	Sust. no calentado	0	Semi-leñosas
T2	Sust. no calentado	0	Herbáceo
T3	Sust. calentado	8000	Semi-leñosas
T4	Sust. calentado	0	Semi-leñosas
T5	Sust. no calentado	4000	Herbáceo
T6	Sust. no calentado	8000	Herbáceo
T7	Sust. calentado	0	Herbáceo
T8	Sust. calentado	8000	Herbáceo
T9	Sust. no calentado	4000	Semi-leñosas
T10	Sust. calentado	4000	Semi-leñosas
T11	Sust. calentado	4000	Herbáceo
T12	Sust. no calentado	8000	Semi-leñosas

Una bajo porcentaje de enraizamiento de estacas se obtuvo, sólo el 0,21% de los estacas presenta formación de raíces. En cuanto a los brotes, 1,67% de las estacas presenta brotes, que son indeseables antes de la aparición de la formación de raíces, que representan un drenaje de material nutritivo, la reducción de la capacidad de enraizamiento de la misma (Figura 2). No

fue posible observar diferencias entre los tratamientos para las variables con o sin sustrato calentado, la concentración de IBA y el tipo de estaca.



**Figura 2: Multiplicación vegetativa de Loro Negro (*Cordia trichotoma* Vell.) por estacas**  
**Figure 2: Vegetative multiplication of Loro Negro (*Cordia trichotoma* Vell.) by cuttings.**

Otros autores hacen hincapié en la dificultad de enraizamiento *C. trichotoma*, como el trabajo realizado por Herberle (2010), utilizando dos concentraciones de AIB (0 y 8.000 mg L<sup>-1</sup>) y dos tipos de cortes (estacas basales 0,7 cm de diámetro y apical con 0,4 cm de diámetro), desprovistos de hojas y estandarizados con 12 cm de largo, después de 80 días de estancia en el invernadero, encontrándose una mortalidad del 100%.

NIELLA *et al.*, (2015), demostrado que la técnica de minicepas y miniestacas tienen un gran potencial para la producción masiva de familias de *C. trichotoma*, donde el potencial de rebrote de las minicepas de *C. trichotoma*, obteniéndose una sobrevivencia promedio de 70%, siendo que las estacas tratadas con 400 ppm de AIB (400 IBA) presentaron los valores más altos de porcentaje de sobrevivencia, enraizamiento y número de raíces laterales primarias.

## CONCLUSIÓN

Muchos autores señalan el intento de llevar a cabo la clonación *C. trichotoma* por estacas, pero sin éxito. Otras técnicas como minicepas y miniestacas han demostrado ser viable para la propagación de la especie. Por lo tanto, otros estudios se deben realizar para comprobar la posible propagación por estacas y establecer el protocolo adecuado para su clonación.

## AGRADECIMIENTOS

Gracias al Fondo Nacional para el Desarrollo de la Educación (FNDE) la reserva de PET.

## BIBLIOGRAFIA

CARVALHO, P. E. R. 2006. Espécies arbóreas brasileiras. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica; Colombo: Embrapa Florestas, 2, 628 p.

CARVALHO, P. E. R. 2003. Espécies arbóreas brasileiras. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica. 1, 1039 p.

GONZAGA, A. L. 2006. Madeira: uso e conservação. Brasília: IPHAN/MONUMENTA. (Cadernos Técnicos, 6), 246 p.

HEBERLE, M.. 2010. Propagação in vitro e ex vitro de louro-pardo (*Cordia trichotoma* (Vell.) Arrabida ex Steudel). Tese de Doutorado. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal)-Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria. 76 p.

LADA, R. dos S., A. A. Carpanezzi, K. C. Zuffellato-Ribas. 2007. "Propagação vegetativa do louro-pardo, *Cordia trichotoma* (Vell.) Arrabida ex Steudel." Embrapa Florestas-Resumo em anais de congresso. In: EVENTO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA EMBRAPA FLORESTAS, 6, 2007, Colombo. Anais. Colombo: Embrapa Florestas. 1 p.

LORENZI, H. 2008. Árvores Brasileiras: Manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. 5. ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum de Estudos da Flora, 1. 384 p.

MENDONÇA, E. A. F.; Ramos, N. P.; Paula, R. C. 2001. Viabilidade de sementes de *Cordia trichotoma* (Vellozo) Arrabida ex Steudel (louro pardo) pelo teste de tetrazólio. Revista Brasileira de Sementes, Pelotas, 23, pp. 64-71.

NEVES, T. S.; Carpanezzi, A. A.; Zuffellato-Ribas, K. C.; Marengo, R. A. 2006. Enraizamento de corticeira-da-serra em função do tipo de estaca e variações sazonais. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, DF, 41, pp. 1699-1705.

NIELLA, F.; Rocha, P.; Eibl, B.; Schoffen, C.; Martinez, M.; Conti, P.; Franco, M. y Ayala L. 2015. PROPAGACIÓN CLONAL DE *Peltophorum dubium* (Caña fistola), *Myrocarpusfrondosus* (Incienso), y

*Cordia trichotoma* (Peteribí) PARA SU CONSERVACIÓN Y DOMESTICACIÓN. Revista Forestal Yvyrareta online- [www.yvyrareta.com.ar](http://www.yvyrareta.com.ar) . pp.:43-50.

REITZ, R.; Klein, R. M.; Reiz, A. 1988. Projeto madeira do Rio Grande do Sul. Porto Alegre: Governo do Estado do RS. 525 p.

SCHEEREN, L. W., Schneider, P. S. P., Schneider, P. R., Finger, C. A. G. 2005. Crescimento do louro-pardo, *Cordia trichotoma* (Vell.) Arrab. ex Steud., na depressão central do estado do Rio Grande do Sul. Ciência Florestal, Santa Maria, 12, pp. 169-176.

XAVIER, A.; Wendling, I.; Silva, R. L. 2009. Silvicultura clonal: princípios e técnicas. Viçosa: Ed UFV. 272 p.

# ACUMULACIÓN DE CARBONO Y SU DINÁMICA EN FORESTACIONES, SISTEMAS SILVOPASTORILES Y PASTIZALES EN EL NE DE LA PROVINCIA DE CORRIENTES, ARGENTINA

CARBON ACCUMULATION AND ITS DYNAMICS IN AFFORESTATION, SILVOPASTORAL SYSTEMS AND GRASSLANDS IN THE N.E. OF CORRIENTES, ARGENTINA

Fecha de recepción: 30/09/2016 // Fecha de aceptación: 02/05/2017

## Maria Belen Rossner

Ing. Agr. Profesional  
Investigador.EEA Cerro Azul,  
INTA, Ruta Nacional 14 Km 1085.  
Cerro Azul, Misiones, Argentina.  
rossner.maria@inta.gob.ar

## German Kimmich

Ing. Agr. Asesor Privado.  
Investigador Adjunto. Facultad de  
Agronomía y Veterinaria de la  
Universidad del Salvador (Gdor.  
Virasoro, Ctes) Leandro N. Alem,  
Misiones,  
Argentina.germankimmich@gmail.  
com

## Roxana Paola Ecclesia

Ing. Agr. Msc, Profesional  
Investigador. EEA Paraná, INTA,  
Ruta 11 Km. 12,5, Oro Verde,  
Entre Ríos,  
Argentina.ecclesia@agro.uba.ar

## RESUMEN

En los sistemas silvopastoriles (SSP), tanto el sombreado como el pastoreo afectan la producción primaria del componente forrajero, el agua, la materia orgánica del suelo y el ciclo del carbono. El objetivo fue evaluar los cambios en el stock de carbono y su dinámica en forestaciones y SSP y el efecto de diferentes niveles de radiación y pastoreo sobre la productividad primaria neta aérea (PPNA) del componente forrajero en un SSP en el NE de Corrientes. Se seleccionaron tres sitios, cada uno de los cuales conformó un trío (SSP-forestación-pastizal) de manejo y edades similares. Se tomaron muestras de suelo y biomasa forrajera y se estableció un ensayo con *Pinus taeda* y *Brachiaria brizantha* para evaluar las interacciones entre radiación y pastoreo. El contenido de COS no cambió por el uso forestal y silvopastoril, aunque el ciclo fue mayor en los últimos al encontrarse más C nuevo en estos sistemas, resultado de más entradas y salidas de C del suelo. La productividad primaria neta aérea de la pastura en las condiciones de estudio fue afectada en mayor medida por el pastoreo que por el nivel de sombra. Estos resultados indican que deberían buscarse estrategias

## SUMMARY

In silvopastoral systems, both shading and grazing affect forage primary production, water, soil organic matter and carbon cycling. The aim was to evaluate carbon stock changes and their dynamic in afforestation and SSP and the effect of different levels of grazing and radiation on the forage Aerial Net Primary Productivity (ANPP) in SSP in the NE of Corrientes. Three sites were selected; each one of them formed a trio (SSP-afforestation-grassland) with similar age and management. Soil and forage biomass samples were taken and a *Pinus taeda* and *Brachiaria brizantha* study was established to evaluate interactions between radiation and grazing. The COS content did not change due to forest and silvopastoral use, although the cycling was greater in the last ones when more C was found in these systems, resulting from more C inputs and outputs from the soil. The aerial net primary productivity of pasture in the study conditions was affected to a greater extent by grazing than by the level of shade. These results indicate that management strategies should be sought to ensure the accumulation of brush to maintain the levels of COS in these systems.



de manejo que garanticen la acumulación de broza para mantener los niveles de COS en estos sistemas.

**Palabras clave** *Brachiaria*, Carbono orgánico del suelo, pastizales, *Pinus*.

## INTRODUCCIÓN

Los sistemas silvopastoriles (SSP) constituyen una de las variantes de los sistemas agroforestales, donde coexisten árboles, especies forrajeras y animales en pastoreo. Las interacciones generadas por los distintos componentes modifican el flujo de agua y nutrientes y la disponibilidad de radiación para el crecimiento de las especies forrajeras y del estrato herbáceo respecto a los sistemas forestales o ganaderos puros (PEZO Y IBRAHIM, 1999, FASSOLA *et al.* 2005a, FUNES *et al.* 2009). Si bien el dosel arbóreo reduce las temperaturas extremas para el componente forrajero (LACORTE Y ESQUIVEL, 2009, PACHAS 2010), el crecimiento de las especies herbáceas y forrajeras está principalmente determinado por la menor radiación incidente recibida a través de la copa de los árboles (SOPHANODORA 1990, PEZO y IBRAHIM 1999, FASSOLA *et al.* 2005 y 2006). Del mismo modo, se genera una competencia por el uso de agua y nutrientes, aunque el hecho de explorar nichos diferentes podría resultar en una utilización más eficiente de los recursos (NOORDWIJK 1989, ONG *et al.* 1991 a y b). Estudiar las interacciones que ocurren dentro del sistema en cuanto a la utilización del carbono, los nutrientes y el agua, permitiría predecir las condiciones de manejo que maximicen la eficiencia en la utilización de los recursos. Aquellos factores que modifiquen la asignación de los mismos a través de cambios en la productividad primaria neta (PPN) del sistema, su partición o la producción de raíces, producirán cambios en el carbono orgánico de suelo (COS) en el tiempo (LUGO y BROWN 1993, LAL *et al.* 1995). La partición de la productividad es comparable en una pastura y en un pastizal, mientras que la relación subterráneo/aéreo es menor en las especies forestales (RUIMY *et al.* 1994). El pastoreo favorece la partición a órganos subterráneos (MILCHUNAS y LAUENROTH 1993, PIÑEIRO *et al.* 2009), mientras que la disminución de la radiación produce un efecto opuesto, favoreciendo la partición hacia los órganos aéreos (WONG 1990, DIAS-FILHO 2000). Por esto, es esperable encontrar en los SSP patrones de partición diferentes de acuerdo al grado de iluminación recibido por la pastura y al efecto del pastoreo. Las investigaciones a nivel local indican que en general la productividad aérea (PPNA) desciende cuando el porcentaje de sombra supera el 60% en las especies más adaptadas a la sombra, (FASSOLA *et al.* 2006) y que la biomasa de raíces en gramíneas disminuye en promedio entre 40 a 70% bajo diferentes niveles de sombra, respecto al cielo abierto (PACHAS

Key words *Brachiaria*, Organic Carbon in Soil, grassland, *Pinus*.

2010). Debido a que las raíces, en especial las finas, son una de las principales vías de ingreso de C al suelo, es necesario identificar qué manejos favorecen su desarrollo y si se corresponde con las tendencias en el COS.

A partir de esta premisa se podría hipotetizar que los SSP alcanzarían balances positivos de COS en un período de tiempo menor que las forestaciones puras, principalmente debido a la incorporación del C proveniente de la pastura implantada bajo el dosel de los árboles, por lo tanto podrían pensarse como una alternativa más sustentable a los sistemas forestales puros, en términos de balance de C-MOS.

Una de las variables de manejo que ha sido evaluada para diferentes especies forrajeras en SSP es el nivel de sombra recibido por las mismas apuntando a una mayor productividad. Sin embargo, hasta el momento no se ha considerado su interacción con otras variables de manejo, como por ejemplo la presión de pastoreo, una de las principales determinantes de la persistencia de la pastura.

En este trabajo se evalúan los cambios en el stock y la dinámica del COS en forestaciones puras y SSP implantados sobre pastizales y sobre *Brachiaria brizantha*. A su vez sobre esta última situación se evalúa el efecto conjunto de pastoreo y nivel de sombra sobre la PPNA de dicha forrajera en SSP.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El ensayo se llevó a cabo en el Establecimiento “El Timbó”, en la localidad de Garruchos, Corrientes (28°17'57.22" S y 55°51'09.91" O) ubicado sobre lomas del distrito de los Campos del Norte de los pastizales del Río de La Plata (Ligier *et al.* 1988, Soriano *et al.* 1992). Se ubicaron tres sitios y en cada uno tríos (SSP-forestación-pastizal) de similar edad entre la plantación forestal y silvopastoril (6-8; 12-13 y 18-19 años). Se tomaron muestras de suelo de 0-10, 10-20, 20-30, 30-50, 50-70 y 70-100 cm de profundidad y muestras de broza proveniente de la vegetación en superficie. En el suelo se separó la fracción de la materia orgánica particulada (MOP) según CAMBARDELLA & ELLIOT (1992). En cada fracción de suelo y en la broza se determinó la concentración de C y la abundancia natural de <sup>13</sup>C con un analizador elemental (Carlo Erba) acoplado a un espectrómetro de masas (Finnigan MAT) en el Laboratorio de Isótopos Estables (DEVIL), de la Universidad de Duke, USA.

Los contenidos de Carbono orgánico de suelo asociado a la materia orgánica (C-MOS) y asociado a la materia orgánica particulada (C-MOP) en Mg ha<sup>-1</sup> se

estimaron según masa constante (SOLOMON *et al.*, 2002). Se estimó el C nuevo ( $C_n$ ), formado a partir del nuevo uso del suelo, en la MOS total y en la fracción MOP, según BALESIDENT y MARIOTTI (1996) en la ecuación 1.

$$Cn\_MOS (\%) = (\delta - \delta_o / \delta_v - \delta_o) \cdot 100 \quad (1)$$

Donde Cn-MOS es el C nuevo en la MOS, derivado de la vegetación nueva implantada (forestaciones o SSP);  $\delta$  es el  $\delta^{13}C$  del suelo de la plantación;  $\delta_o$  es el  $\delta^{13}C$  del suelo nativo original y  $\delta_v$  es el  $\delta^{13}C$  de la broza proveniente de la vegetación nueva. Del mismo modo, se estimó el C nuevo de la fracción MOP (Cn-MOP), reemplazando los valores de  $\delta$  y  $\delta_o$  de la ecuación 1 por los correspondientes a la fracción MOP. Conociendo el porcentaje de C nuevo, por diferencia fue posible estimar la proporción de C original remanente ( $Co$ ) en el uso actual (ecuación 2). Los resultados fueron analizados mediante ANOVA y prueba de comparación de medias por el método de Tukey ( $p \leq 0,05$ ).

$$Co(\%) = 100 - Cn - MOS \quad (2)$$

En uno de los sitios SSP, compuesto por *Pinus taeda* y *Brachiaria brizantha*, se instaló un ensayo con diseño factorial de dos factores: sombra (40 y 70 % de sombra respecto a cielo abierto) y pastoreo (con y sin pastoreo). El arreglo fue en bloques completos al azar, con tres repeticiones, siendo cada repetición un lote independiente. Las parcelas con pastoreo se mantuvieron con una carga alternada de 300 kg PV ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> y en cada una se instalaron clausuras móviles para medir el crecimiento de la pastura. La productividad primaria neta aérea (PPNA) de la pastura se estimó mediante cortes sucesivos cada 30 días durante el período de crecimiento (noviembre 2012 a abril 2013) y cada 60 días durante el receso invernal y segundo período de crecimiento (mayo 2013 a septiembre 2014). Los cortes se realizaron al ras y para estimar crecimiento dentro de cada clausura móvil se cortó a la altura de pastoreo midiendo el remanente no pastoreado y luego cada una se movió a otro punto de la parcela, previo corte de emparejamiento del forraje. Los resultados fueron analizados mediante ANOVA y prueba de comparación de medias por el método de Tukey ( $p \leq 0,01$ ).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A partir de los 30 cm de profundidad no se encontraron diferencias significativas para las variables estudiadas, por lo que se presentan y discuten los resultados de 0 a 20 cm de profundidad.

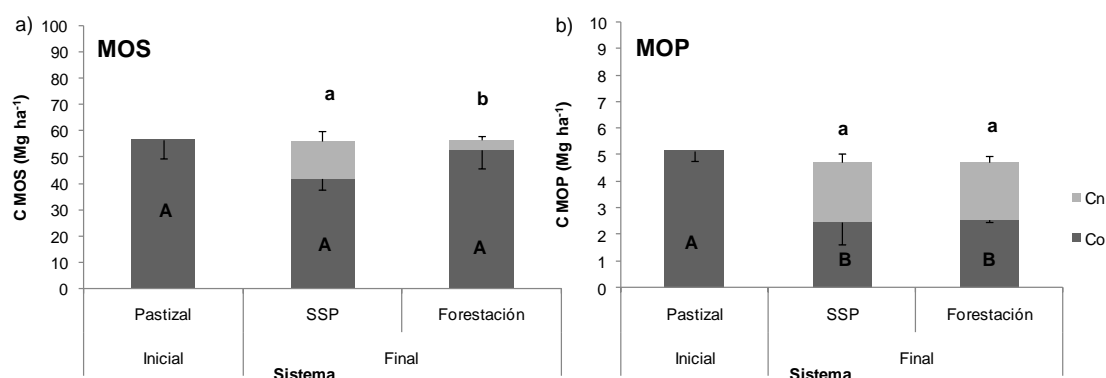
La formación de Cn-MOS en los primeros 20 cm de suelo fue 10 Mg ha<sup>-1</sup> mayor en los SSP que en las forestaciones puras (Figura 1 a). La pastura bajo el

dosel arbóreo incorporaría más C en el suelo, comportándose de manera similar a un sistema de pastura pura, tal como se ha observado anteriormente (CERRI *et al.* 2004, LISBOA *et al.* 2009, ECLESIA 2011). Ambos sistemas finales reducen el  $Co$  del pastizal (30% en SSP y 10% en forestación, Tabla 1). En la MOP (Figura 1b) en cambio, no se observaron diferencias en el Cn, y ambos sistemas generaron similares reducciones del  $Co$  MOP (50 % respecto al pastizal de referencia, Tabla 1). Estos resultados sugieren que en los SSP la dinámica del C es más acelerada respecto a las forestaciones, es decir, entra y sale más C del suelo.

La PPNA de la pastura presentó una marcada variación interanual (Tabla 2). Al analizar cada ciclo de crecimiento por separado, durante el primer ciclo el factor predominante en la PPNA fue el pastoreo, ya que para ambos niveles de sombra, la exclusión del pastoreo tuvo una PPNA significativamente mayor (9842 y 12506 Kg ha<sup>-1</sup> respectivamente,  $p \leq 0,01$ ). Esto indicaría que a nivel de productividad, el pastoreo fue el factor que marcó la diferencia, lo que coincide con LEMAIRE (2001) y D'ANGELO *et al.* (2005). Sin embargo, en el segundo ciclo de crecimiento, la interacción entre ambos factores fue significativa ( $p \leq 0,01$ ), donde la mayor productividad se observó con mayor radiación y sin pastoreo.

Considerando ambos ciclos de crecimiento, los valores de PPNA en pastoreo no presentan diferencias significativas entre niveles de radiación, lo que sugiere que entre ambos factores, predomina el del pastoreo en cuanto a la PPNA de la pastura, contrario a lo observado por PEZO e IBRAHIM (1999), SAMARAKOON *et al.* (1999), ROSSNER (2008) y PACHAS (2010). Esto podría explicarse por la diferencia de este estudio al analizar ambos factores actuando en conjunto y en sistemas sometidos al pastoreo donde los animales no solo defolian las pasturas sino que además producen cambios en la dinámica del agua y los nutrientes en sistemas en pastoreo (LACORTE *et al.* 2003) y a la complementariedad en el uso de recursos entre árboles y pasturas (ONG 1991a).

Al reemplazar los pastizales naturales por forestaciones y SSP la productividad primaria neta aérea aumenta, especialmente concentrados en la masa forestal y parte en la broza (ROSSNER *et al.* 2015, ECLESIA *et al.* 2015). Sin embargo, ello no se traduce en un mayor aporte al C que entra al suelo ya que no se observan cambios significativos en los contenidos de COS, sino que al parecer el C original se reduce pero es equiparado con una mayor acumulación de C nuevo en los SSP.



**Figura 1: (a) Contenido de carbono original (Co) y de carbono nuevo (Cn) en la materia orgánica total del suelo (MOS) y (b) en la materia orgánica particulada (MOP), en los primeros 20 cm de profundidad. Diferentes letras minúsculas indican diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) del Cn entre forestación y sistema silvopastoril (SSP). Diferentes letras mayúsculas indican diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) del Co entre el pastizal inicial y el sistema final (Forestación y SSP).**

**Figure 1: (a) Original Carbon stock (Co) and New Carbon (Cn) in Soil Organic Matter (MOS) and b) particulate organic matter (MOP) at 0-20 cm deep. Different small letters indicate significant differences ( $p < 0.05$ ) of Cn between afforestation and SSP. Different capital letters indicate significant differences ( $p < 0.05$ ) of Co between initial grassland system and the final system (afforestation and SSP).**

**Tabla 1: Contenidos de C-MOS y C-MOP en forestaciones y sistemas silvopastoriles (SSP) en el NE de Corrientes. Letras distintas indican diferencias significativas ( $p < 0,05$ ).**

**Table 1. C-MOS and C-MOP contents in afforestation and silvopastoral systems (SSP) in the NE of Corrientes. Different letters indicate significant differences ( $p < 0.05$ ).**

Profundidad (cm)	Forestación	Pastizal	SSP
	C-MOS (Mg ha <sup>-1</sup> )		
0-20	56.56 ± 6.0 (ns)	58.13 ± 5.5	53.584 ± 3.1 (ns)
20-100	139.42 ± 4.3 (ns)	135.52 ± 13	136.51 ± 8.3 (ns)
	C-MOP (Mg ha <sup>-1</sup> )		
	Forestación	Pastizal	SSP
0-20	4.94 ± 0.2 (ns)	5.15 ± 0.4	4.75 ± 0.8 (ns)
20-100	5.73 ± 2.0 (ns)	4.74 ± 0.3	4.56 ± 0.5 (ns)

**Tabla 2. Productividad Primaria Neta Aérea (PPNA) de *Brachiaria brizantha* en sistemas silvopastoriles con dos niveles de sombra con y sin pastoreo, en el NE de Corrientes, Argentina. Periodo comprendido entre Noviembre 2012 y Septiembre 2014. Letras distintas indican diferencias significativas entre filas en la misma columna ( $p \leq 0,01$ ).**

**Table 2. Aerial Net Primary Productivity (ANPP) of *Brachiaria brizantha* in silvopastoral systems with two shading levels, with and without grazing in the NE of Corrientes, Argentina. Period between November 2012 to September 2014. Different letters indicate significant differences between files in the same column ( $p \leq 0.01$ ).**

PPNA kg ha <sup>-1</sup> año <sup>-1</sup>		Período 2012-2013	Período 2013-2014
40% sombra	Clausura	18.109.13 ± 1601.97 A	10.324.67 ± 506.11 A
	Pastoreo	8.267.83 ± 1601.97 B	3.561.13 ± 506.11 C
70% sombra	Clausura	20.661.87 ± 1601.97 A	5.906.87 ± 506.11 B
	Pastoreo	8.155.67 ± 1601.97 B	3.177.00 ± 506.11 C

## CONCLUSIÓN

El contenido de COS no cambió por el uso forestal y silvopastoril, aunque el ciclado fue mayor en los últimos al encontrarse más C nuevo en estos sistemas, resultado de más entradas y salidas de C del suelo. La productividad primaria neta aérea de la pastura en las condiciones de estudio fue afectada en mayor medida por el pastoreo que por el nivel de sombra. Estos resultados indican que deberían buscarse estrategias de manejo que garanticen la acumulación de broza para mantener los niveles de COS en estos sistemas.

## AGRADECIMIENTOS

Al Ing. Agr. Marcelo Gembarowsky del establecimiento El Timbó por su valiosa colaboración, a becarios, pasantes y alumnos y dos evaluadores anónimos que mejoraron este trabajo. Financiado con fondos de PIA12029 y Proyectos INTA PNFOR1104075, MSNES 1242101.

## BIBLIOGRAFÍA

- BALESDENT J. & Mariotti A. 1996. Measurement of soil organic matter turnover using  $^{13}\text{C}$  natural abundance. In: Boutton, TW; Yamasaki, SI (Eds.), Mass Spectrometry of soils Marcel Dekker, New York, US, 83-11.
- CAMBARDELLA C.A., Elliott E.T. 1992. Particulate Soil Organic-Matter Changes across a Grassland Cultivation Sequence. Soil Sci. Soc. Am. J. 56:777.
- CERRI C.E.P., Paustian K., Bernoux M., Victoria R.L., Melillo J.M., Cerri C.C. 2004. Modeling changes in soil organic matter in Amazon forest to pasture conversion with the century model. Glob Change Biol 10 :815–832.
- DIAS-FILHO M. 2000. Growth and biomass allocation of the C4 grasses *Brachiaria brizantha* and *B. humidicola* under shade. Pesquisa Agropecuária Brasileira 35: 2335-2341.
- D'ANGELO G.H., Postulka E.B. & Ferrari L. 2005. Infrequent and intense defoliation benefits in dry-matter accumulation and persistence of clipped *Arrhenatherum elatius*. Grass and Forage Science 60: 17–24.
- ECLESIA R.P. 2011. Consecuencias del reemplazo de ecosistemas naturales sudamericanos por forestaciones y pasturas megatérmicas: efectos sobre el carbono orgánico edáfico. 71.
- ECLESIA R.P., Rossner M.B., Kimmich G., Piñeiro G. 2015. Dinámica del carbono orgánico de suelo en sistemas forestales y silvopastoriles del NE de Corrientes. Actas 3er Congreso Nacional de Sistemas Silvopastoriles. P. Peri (Ed). Ediciones INTA:631-635.
- FASSOLA H.E., Lacorte S.M., Pachas A.N., Pezzuti R. 2005. Factores que influyen la producción de biomasa forrajera de *Axonopus jesuiticus* Valls, bajo dosel arbóreo de *Pinus taeda* L. en el Nordeste de Corrientes. RIA 34: 21-38.
- FASSOLA H.E., Lacorte S.M., Pachas A.N., Pezzutti R. 2006. Efecto de distintos niveles de sombra del dosel de *Pinus taeda* L. sobre la acumulación de biomasa forrajera de *Axonopus compressus* (Swartz) Beauv. Revista Argentina de Producción Animal 26: 101-111.
- FUNES G., Díaz S., Venier P. 2009. La temperatura como principal determinante de la germinación en especies del Chaco seco de Argentina. Ecología Austral 19: 129-138.
- LACORTE S.M. y Esquivel J. 2009. Sistemas silvopastoriles en la Mesopotamia Argentina. Reseña del conocimiento, desarrollo y grado de adopción. Actas 1er Congreso Nacional de Sistemas Silvopastoriles. P. Peri (Ed). Ediciones INTA. 1:70-82.
- LAL R., Kimble J.M., Levine E., Stewart B.A. 1995. World soils and greenhouse effect: an overview. In: Lal R., Kimble J.M., Levine E., Stewart A. (Eds.). Soil and global change. Boca ratón, FL, US, CRC Press 1-7.
- LEMAIRE G. 2001. Ecophysiology of grasslands: dynamics aspects of forage plant populations in grazed swards. Proceedings of the International XIX Grassland Congress, Brazil: 29- 37.
- LIGIER H.D., Matteo H.R., Polo H.L., Rosso J.R. 1988. Mapa de suelos de la provincia de Misiones. En: INTA (Ed) Atlas de suelos de la República Argentina, Ediciones INTA 2:107-154.
- LISBOA C., Conant R., Haddix M. 2009. Soil carbon turnover measurement by physical fractionation at a forest-to-pasture chronosequence in the Brazilian Amazon. Ecosystems (12) 7:1212–1221.
- LUGO A.E., Brown S. 1993. Management of tropical soils as sinks or sources of atmospheric carbón. Plant and soil 96:185-196.
- NOORDWIJK M van. 1989. Rooting depth in cropping systems in the humid tropics in relation to nutrient use efficiency. In: Nutrient management for food crop production in tropical farming systems. J van

der Heide (Ed.). Haren, Netherlands, Institute of Soil fertility, 129-144.

ONG C.K., Corlett J.E., Singh R.P., Black C.R. 1991<sup>a</sup>. Above and belowground interactions in agroforestry systems. In: Agroforestry: principles and practices. Proceedings of an international conference 23-28 July 1989 at University of Edinburgh, U.K. P.G. Jarvis (Ed.). Amsterdam, Netherlands; Elsevier 45-57.

ONG C.K., Odongo J.C.W., Marshall F., Black C.R. 1991b. Water use by trees and crops: five hypotheses. *Agroforestry Today* 3:7-10.

PACHAS A.N.A. 2010. *Axonopus catarinensis* y *Arachis pintoi*. Alternativas forrajeras en sistemas silvopastoriles de la provincia de Misiones, Argentina. Tesis presentada para optar al título de Magister de la Escuela para Graduados Alberto Soriano, Universidad de Buenos Aires. Buenos Aires, Argentina, 142 pp.

PEZO D., Ibrahim M. 1999. Sistemas silvopastoriles. Segunda Edición. Módulo de Enseñanza Agroforestal N° 2. CATIE. Serie Materiales de Enseñanza No. 44. 275 p.

PIÑEIRO G., Paruelo J.M., Jobbagy E.G., Jackson R.B., Oesterheld M. 2009. Grazing effects on belowground C and N stocks along a network of cattle exclosures in temperate and subtropical grasslands of South America. *Global Biogeochem. Cycles* 23:GB2003.

ROSSNER M.B., Houriet J.L., Pavetti D. 2008. Descripción de pasturas evaluadas en sistemas silvopastoriles del centro sur de la Provincia de Misiones. INTA EEA Cerro Azul, Miscelánea N°60: 17 pp.

ROSSNER M.B. 2015. Dinámica de la Productividad Primaria Neta en Sistemas silvopastoriles cultivados en el NE de Argentina. Actas 3er Congreso Nacional de Sistemas Silvopastoriles. P. Peri (Ed). Ediciones INTA: 146-150.

RUIMY A., Saugier B., Dedieu G. 1994. Methodology for the estimation of terrestrial net primary production from remotely sensed data. *J Geophysical Res* 99:5263–5283.

SAMARAKOON S., Wilson J. & Shelton H. 1999. Growth, morphology and nutritive quality of shaded *Stenotaphrum secundatum*, *Axonopus compressus* and *Pennisetum clandestinum*. *Journal of Agricultural Science* 114: 161-169.

SOPHANODORA P. 1990. Light response curve criteria for species selection under plantation crops. 3rd Proc Forage RWG SEA 175–178.

SORIANO A., León R.J.C., Sala O.E., Lavado R.S., Deregibus V.A. 1992. Río de la Plata grasslands. In: Coupland, RT (Ed.), *Ecosystems of the world* 8A. Natural grasslands. Introduction and western hemisphere. Elsevier, New York, 367-407.

WONG, C. 1990. Shade Tolerance of Tropical Forages: A Review. In: HM Shelton, WW Stür (Eds). A Preliminary Report. Forages for Plantation Crops. ACIAR Proceedings 32: 65-69.



# VALIDACIÓN DE UN MÉTODO ACÚSTICO NO DESTRUCTIVO PARA LA DETERMINACIÓN DE LA RIGIDEZ DE TABLAS ASERRADAS DE PINO RESINOSO (*Pinus elliottii* y *Pinus taeda*) CULTIVADO EN EL NORDESTE DE ARGENTINA

NON-DESTRUCTIVE ACOUSTIC METHOD VALIDATION FOR THE STIFFNESS DETERMINATION OF SAWN BOARDS OF RESINOUS PINE (*Pinus elliottii* and *Pinus taeda*) GROWN IN THE NORTHEAST OF ARGENTINA

Fecha de recepción: 22/09/2016/ Fecha de aceptación: 02/05/2017

## Pamela Yohana Fank

Ing. Civil, Becaria Doctoral CONICET, Grupo GEMA, Facultad Regional Concepción del Uruguay, Universidad Tecnológica Nacional. Ingeniero Pereira 676 – Concepción del Uruguay – Entre Ríos. Correo: pamela\_fank@yahoo.com.ar

## Ciro Andrés Mastrandrea

Ing. Forestal, Técnico del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuarias INTA Concordia - Entre Ríos. Correo: mastrandrea.ciro@inta.gob.ar

## RESUMEN

El presente trabajo reporta los resultados de una investigación sobre la aplicabilidad del método acústico por vibraciones para la determinación del módulo de elasticidad en madera aserrada de pino resinoso (*Pinus taeda/elliottii*) cultivado en el nordeste de Argentina. El proyecto empírico involucró 2 muestras con un total de 293 tablas. El módulo de elasticidad dinámico (MOEd) fue estimado utilizando el equipo “Fakopp Portable Lumber Grader” y el módulo de elasticidad estático (MOEe) fue determinado siguiendo los procedimientos de la norma IRAM 9663, (2013). Los resultados mostraron que, si bien el MOEd sobreestima levemente al valor del MOEe, el empleo del mismo presenta una ventaja operativa para fines prácticos.

**Palabras clave:** rigidez, madera estructural, frecuencia de vibración longitudinal.

## SUMMARY

This paper reports the results of an investigation regarding the suitability of using the acoustic method to determine the modulus of elasticity in sawn timber of resinous pine (*Pinus taeda/elliottii*) grown in the Northeast of Argentina. The empirical project involved 2 samples with a total of 293 boards. The dynamic Modulus of Elasticity (MOEd) was estimated using the “Fakopp Portable Lumber Grader” equipment and the static Modulus of Elasticity (MOEe) was determined following the procedures of the IRAM standard 9663, (2013).

The results showed that, while MOEd slightly overestimates MOEe value, it has an operational advantage for practical purposes.

**Key words:** stiffness, structural timber, longitudinal vibration frequency.

## INTRODUCCIÓN

La superficie de bosques cultivados en Argentina alcanza aproximadamente 1,12 millones de hectáreas de las cuales el 59 % está constituido por plantaciones de coníferas (FAO, 2004). Un análisis detallado de la distribución regional de los bosques de coníferas indica que el 83 % del total nacional se ubica en las provincias de Misiones y Corrientes. La primera reúne más del 50 % de dichas plantaciones -equivalente a unas 419.000 hectáreas- destacándose principalmente el pino resinoso de las especies *Pinus taeda* y *Pinus elliottii* (SIFIP, 2015). A la vez, la mayor parte de la madera aserrada destinada a fines estructurales en nuestro país también proviene de estas especies, las que usualmente son comercializadas en forma conjunta debido a que presentan una apariencia similar y no existen estudios que evidencien una diferencia significativa entre sus propiedades físico-mecánicas (MOYA *et al.*, 2015; IRAM 9662-3, 2015).

El Reglamento Argentino de Estructuras de Madera (CIRSOC 601, 2013) define los métodos y disposiciones generales que se deben emplear en el diseño y construcción de estructuras para edificaciones y obras civiles con madera. No obstante, para que el proyectista pueda abordar el diseño estructural de un modo confiable de acuerdo dichos lineamientos, resulta fundamental que el mercado ofrezca madera aserrada clasificada en grados de resistencia. Lo cual implica que cada pieza se encuentra asociada a ciertas propiedades, siendo el módulo de elasticidad, la resistencia a flexión y la densidad, las más necesarias para el diseño y cálculo de estructuras (IRAM 9663, 2013).

La calidad de la madera puede ser determinada mediante dos procedimientos, uno visual y otro mecánico. El primero es el más antiguo y extendido, su principio consiste en la inspección visual de la madera registrando y evaluando las singularidades que en ella aparecen e influyen sobre su resistencia (CARREIRA Y ALVES DIAS, 2006). El segundo se basa en un ensayo no destructivo a partir del cual se calcula el módulo de elasticidad y de él se deducen los restantes parámetros de resistencia mediante el uso de relaciones conocidas entre ambas variables (GLOS, 1995). Dentro de esta última categoría, los más antiguos son los métodos acústicos. Estos son de fácil y rápida aplicación, y se basan en el cálculo de la frecuencia natural de vibración, propiedad dinámica que se encuentra relacionada con las propiedades mecánicas del material (ÍÑIGUEZ GONZÁLEZ, 2007).

En Argentina se encuentra normalizado el método de clasificación visual en grados de resistencia, siendo la norma IRAM 9662-3, (2015) la empleada para el caso específico de las tablas de pino resinoso (*Pinus taeda*, *Pinus elliottii*) cultivado en el nordeste del país. Cabe destacar que la madera proveniente de ambas especies presenta un número considerable de

nudos debido a la forma característica de crecimiento de las coníferas (HOFFMEYER, 1995), lo cual genera que la medición de tales singularidades resulte una tarea laboriosa y, en consecuencia, que la aplicación del método de clasificación visual no sea sencilla ya que la nudosidad es un factor determinante para la asignación de clases debido a su efecto perjudicial sobre las propiedades mecánicas (DÁVALOS-SOTELO Y ORDÓÑEZ, 2011). Otros parámetros de importancia son la presencia de médula y el ancho de los anillos de crecimiento. El primero, al estar asociado a la madera juvenil que se desarrolla en los primeros años de vida del árbol, resulta una variable reductora de la capacidad resistente (CHAN MARTÍN *et al.*, 2002). El segundo se encuentra relacionado de forma directa con la densidad de la madera, propiedad física que influye en las propiedades mecánicas (HASELEIN *et al.*, 2000).

Como una manera de dar otro paso al avance iniciado con la normalización de la clasificación visual de tablas de pino taeda-elliottii (IRAM 9662-3, 2015) en el año 2006 y, a la vez, con el fin de lograr un mejor rendimiento del material proveniente de bosques implantados de crecimiento rápido y turnos de rotación cortos -situación actual de las plantaciones con pino resinoso del nordeste del país-, se contempla la posibilidad de predecir el módulo de elasticidad (MOE) a través de ensayos no destructivos por vibraciones. Esto permitiría la asignación de propiedades más precisas y de un modo más rápido de lo que actualmente es posible con apreciación visual.

El objetivo del presente estudio consiste en verificar si el método acústico por vibraciones utilizando el equipo PLG (Portable Lumber Grader) resulta adecuado para estimar el valor del MOE para tablas aserradas de madera de pino resinoso de las especies *Pinus taeda* y *Pinus elliottii*.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Materiales

El material destinado a la investigación empírica estuvo conformado por 2 muestras cuyas piezas fueron extraídas de árboles cultivados en la provincia de Misiones, los de *Pinus taeda* fueron obtenidos de una plantación de 30 años de edad sometida a 2 turnos de poda y los de *Pinus elliottii* de una forestación de 27 años sin práctica de poda aplicada. Se adoptó una sección transversal única de 1 x 4 pulgadas por ser la de uso más frecuente en el país tanto en calidad de madera aserrada como para la elaboración de vigas laminadas.

Conforme a la base estadística que requiere la calibración de la seguridad según los modernos lineamientos del diseño estructural (CIRSOC 601, 2013; IRAM 9664, 2013), cada muestra fue preparada con más de 40 piezas de madera aserrada en tamaño estructural, contemplando en cada caso una proporción similar de ambas especies de pino resinoso estudiado. Un detalle de las muestras diseñadas se exhibe en la tabla

1.

**Tabla 1. Muestras diseñadas**  
**Table 1. Test samples**

Muestra	Especie	Cantidad de cuerpos de prueba	Dimensiones nominales [mm]
MUESTRA 1 Ensayos a flexión estática	<i>Pinus elliottii</i>	94	105 x 25 x 500
	<i>Pinus taeda</i>	100	
	Total	194	
MUESTRA 2 Ensayos a tracción paralela a las fibras	<i>Pinus elliottii</i>	50	105 x 25 x 1300
	<i>Pinus taeda</i>	49	
	Total	99	

## Métodos

Todas las determinaciones se llevaron a cabo en el laboratorio de Ingeniería Civil de la Facultad Regional Concepción del Uruguay – Universidad Tecnológica Nacional (Entre Ríos).

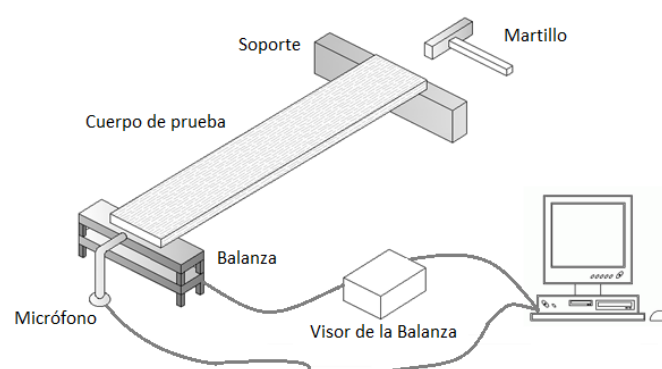
En primera instancia se determinaron las dimensiones reales de las probetas y, de acuerdo a los lineamientos establecidos en la norma IRAM 9662-3, (2015), se registraron los principales parámetros (nudosidad, médula y ancho de anillos) que determinan en gran medida, la asignación de cada pieza de madera a una determinada clase de resistencia.

El proceso experimental involucró dos etapas, en la primera se determinó el módulo de elasticidad dinámico (MOEd) de cada cuerpo de prueba a través de la aplicación de una técnica acústica no destructiva y, en la segunda, se obtuvo el módulo de elasticidad estático (MOEe) por medio de pruebas estáticas.

### 1. Determinación del módulo de elasticidad dinámico (MOEd)

Para la determinación del MOEd se utilizó el equipo Portable Lumber Grader (PLG) perteneciente a la firma FAKOPP. Cada cuerpo fue posicionado sobre soportes con apoyos que permitieron la vibración libre de la pieza. Los pertenecientes a la Muestra 1 fueron colocados sobre un soporte central único que actuaba simultáneamente como balanza. En cambio, los de la Muestra 2, al ser de mayor longitud (1300 mm), se dispusieron sobre dos apoyos situados en los extremos, donde uno de los cuales actuaba a la vez como soporte y balanza (Figura 1).

De forma previa e inmediata a cada prueba se determinó el contenido de humedad de la piezas utilizando un higrómetro de contacto marca GANN, modelo Hydromette Compact “A”. Como se ilustra en la Figura 1, el ensayo consistió en producir la vibración de la pieza mediante un impacto de martillo en el extremo opuesto a donde estaba ubicado el micrófono, teniendo en cuenta que la dirección del golpe fuera lo más paralela posible a la dirección principal de la pieza.



**Figura 1. Disposición del equipo de medida de la frecuencia de vibración longitudinal**  
**Figure 1. Arrangement of the longitudinal vibration frequency equipment**

El micrófono fue el responsable de captar el sonido procedente de la vibración inducida y trasladarlo hasta el programa informático encargado de procesar dicha señal acústica. El equipo PLG arrojó instantáneamente como resultado la frecuencia de vibración de la pieza ( $f$ ). Conociendo este valor, la longitud de la pieza ( $L$ ) y su densidad aparente ( $\rho$ ), fue posible calcular el módulo de elasticidad dinámico ( $MOE_d$ ) con la siguiente expresión:

$$MOE_d = (2 L f)^2 \rho$$

### 2. Determinación del módulo de elasticidad estático (MOEe)

Para la determinación del MOEe se realizaron ensayos de flexión estática y tracción paralela a las fibras sobre cuerpos de prueba previamente acondicionados en una cámara climatizada a  $20 \pm 2^\circ\text{C}$  de temperatura y  $65 \pm 5\%$  de humedad relativa ambiente, conforme a las prescripciones de la norma IRAM 9663, (2013).

Los ensayos de flexión de plano (Figura 2 Izq.) fueron llevados a cabo con las tablas de la muestra 1, las cuales fueron cargadas simétricamente a una

distancia igual a 6 h de cada apoyo, siendo h la altura de la sección. Para la aplicación de las cargas se utilizó una máquina de ensayos universales -marca EMIC de accionamiento eléctrico- con capacidad de desplazar el cabezal a velocidad constante y precisión igual al 1 % de la carga aplicada. En los puntos de apoyo y de aplicación de la carga se colocaron placas de acero, de ancho no mayor que la mitad de la altura de la probeta, con objeto de reducir el aplastamiento localizado de la madera.

En todos los casos la velocidad de desplazamiento del cabezal de carga no superó el valor de los 0,003 de la altura de la probeta (mm/s) y se registraron las deformaciones correspondientes a escalones de carga de 500 N por medio de un comparador micrométrico con precisión de 0,01 mm ubicado en la parte inferior del centro de la luz.



**Figura 2. Ensayos estáticos. Izq.: Flexión de plano. Der.: Tracción.**

**Figure 2. Static Testing. Left: Bending test. Right: Tension**

Los ensayos de tracción paralela a las fibras (Figura 2. Der.) fueron llevados a cabo con las tablas de la muestra 2, las cuales fueron ubicadas con una longitud libre entre mordazas de 9 veces la mayor dimensión de la sección. Para la aplicación de las cargas se utilizó una máquina universal de ensayos -marca SHIMADZU de accionamiento hidráulico- con capacidad de desplazar el cabezal a velocidad constante y precisión igual al 1 % de la carga aplicada hasta un máximo de 1000 kN.

Con el fin de obtener los valores de carga y deformación en período elástico necesarios para determinar el módulo de elasticidad, la velocidad de desplazamiento del cabezal de cargas fue menor a 0,00005 de la luz libre entre mordazas (mm/s) y las deformaciones fueron medidas por medio de dos comparadores micrométricos con precisión de 0,001 mm, ubicados sobre ambas caras angostas opuestas en un segmento de longitud igual a 5 veces el ancho de la probeta y separado al menos 2 veces su ancho del extremo de las mordazas.

Una vez finalizada cada prueba se cortó una fracción de la pieza de madera libre de defectos, la que fue destinada a la determinación del contenido de humedad de acuerdo a la norma ISO 3130, (1975). La medición de las masas se llevó a cabo con una balanza electrónica (precisión 0,01 g) y el secado del trozo hasta lograr su masa anhidra, se realizó en estufa a una temperatura de 103 +/- 2 °C.

Los valores del módulo de elasticidad estático correspondientes a la Muestra 1 ( $MOE_e$ ) y a la Muestra 2 ( $MOE_e$ ) fueron calculados con las siguientes expresiones (IRAM 9663, 2013):

$$MOE_{ef} = \frac{3al^2 - 4a^3}{2bh^3 \left( 2 \frac{(w_2 - w_1)}{(P_2 - P_1)} \right)}$$

$$MOE_{et} = \frac{l_1(P_2 - P_1)}{A(w_2 - w_1)}$$

Siendo  $a$ : distancia entre el punto de carga y el apoyo más próximo,  $b$ : ancho de la sección transversal,  $h$ : altura de la sección,  $l$ : luz en flexión,  $A$ : área de la sección transversal,  $l_1$ : longitud base de medida igual a 5 veces la mayor medida de la sección transversal,  $P_2 - P_1$ : incremento de carga en la parte recta de la curva de carga/deformación,  $w_2 - w_1$ : incremento de deformación correspondiente a  $P_2 - P_1$ .

Con el fin de analizar resultados comparables, todos los valores del módulo de elasticidad estático fueron ajustados a un contenido de humedad del 12 % según IRAM 9664, (2013).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Considerando que el contenido de humedad se encuentra estrechamente relacionado con las propiedades mecánicas de la madera, se calcularon los valores de este parámetro para cada una de las muestras tanto para los ensayos destinados a la obtención del módulo de elasticidad dinámico como para el estático, puesto que ambos se llevaron a cabo en diferentes períodos. Los resultados obtenidos para los ensayos por vibraciones arrojaron un valor medio del contenido de humedad del 10,9 % y 10,5 %, asociados a un coeficiente de variación del 11 % para la muestra 1 y muestra 2, respectivamente. Por su parte, para las pruebas estáticas se registraron valores del contenido de humedad del 11,7 % y 12,8 % asociados a un coeficiente de variación de 6 % y 7 % para la muestra 1 y muestra 2, respectivamente. Como en todos los casos el contenido de humedad resultó cercano al 12 % se puede descartar una influencia desigual de esta variable sobre la rigidez de las distintas muestras.



Teniendo en cuenta que para estructuras usuales el reglamento CIRSOC 601, (2013) considera adecuado el empleo de valores de rigidez medios para el cálculo de las deformaciones instantáneas, en este trabajo se analizan únicamente los valores MOE promedio.

En la tabla 2 se presentan los resultados del módulo de elasticidad dinámico (MOEd) y del módulo de elasticidad estático (MOEe) obtenidos para cada una de las muestras estudiadas. Los valores promedio del MOEd arrojan valores superiores a los del MOEe en un 6 % y 11 % para la Muestra 1 y 2, respectivamente. Esta tendencia (MOEd > MOEe) también fue encontrada para otras especies (ÍÑIGUEZ GONZÁLEZ, 2007; O'NEILL, 2004) y una razón que explica este fenómeno puede ser el efecto de la velocidad de sollicitación, la cual en pruebas dinámicas provoca una respuesta de carácter viscoelástico de la madera aumentando así la resistencia elástica aparente del espécimen en estudio (SOTOMAYOR CASTELLANOS Y VILLASEÑOR AGUILAR, 2006).

El grado de predicción de la rigidez de las dos muestras se evaluó a partir del análisis de regresión lineal entre el MOEd calculado con la frecuencia de vibración longitudinal y el MOEe obtenido de los ensayos estáticos (Gráfico 1). La bondad de ajuste se estimó mediante el coeficiente de determinación ( $R^2$ ), el cual arrojó un valor igual a 0,85 y 0,84 para la Muestra 1 y 2, respectivamente. Un resultado similar fue obtenido para el pino laricio (*Pinus nigra subsp. salzmannii*) cultivado en España ( $R^2 = 0,83$ ) (Íñiguez GONZÁLEZ *et al.*, 2007) y para el *Eucalyptus grandis* proveniente de Uruguay ( $R^2 = 0,84$ ) (O'Neill, 2004). Asimismo, investigaciones llevadas a cabo con madera de *Pinus taeda* cultivado en Uruguay arrojaron valores superiores para el coeficiente de determinación ( $R^2$  entre 0,89 y 0,96) (PÉREZ DEL CASTILLO y de CASTRO, 2000).

A continuación se presenta y discute el análisis de los resultados obtenidos separando las piezas de cada muestra en función de los principales parámetros visuales con influencia sobre las propiedades mecánicas, previamente analizados en la introducción. Se contemplaron tres perfiles, siendo el primero el efecto de la médula, por lo que se dividieron las piezas en dos grupos, uno que no admite la presencia de médula y otro que sí la admite. En segundo y tercer lugar se consideraron la nudosidad y el espesor de los anillos de crecimiento, en ambos casos se agruparon las piezas en 3 categorías respetando los límites propuestos por la norma IRAM 9662-3, (2015). En la Tabla 3 se resumen los resultados obtenidos para el MOE de la Muestra 1 y de la Muestra 2, respectivamente, asociadas a los 3 perfiles analizados. En el mismo se presentan los valores medios obtenidos tanto para el MOEe como para el MOEd, además del valor de la relación existente entre ellos (MOEd/MOEe) junto a la cantidad de cuerpos de prueba asociados. En términos generales, en la Tabla 3 se advierte que para los 3

perfiles analizados los valores MOEd promedio son superiores a los valores MOEe promedio, similar tendencia encontrada (MOEd > MOEe) para las muestras completas (Tabla 2).

Contemplando el primer perfil, tanto para la muestra 1 como para la muestra 2 (Tabla 3) se observa que la estimación del MOEe a través del MOEd es más precisa cuando la pieza no contiene médula. Teniendo en cuenta que la velocidad de propagación del sonido varía con las características del medio donde la onda sonora atraviesa, las diferencias encontradas pueden explicarse por la presencia de un alto porcentaje de madera juvenil en el grupo que admite médula, considerando que ésta se encuentra asociada a importantes diferencias en sus propiedades físicas, químicas, mecánicas y anatómicas con respecto a la madera adulta, donde la calidad se mantiene casi constante (PÉREZ DEL CASTILLO y de CASTRO, 2000).

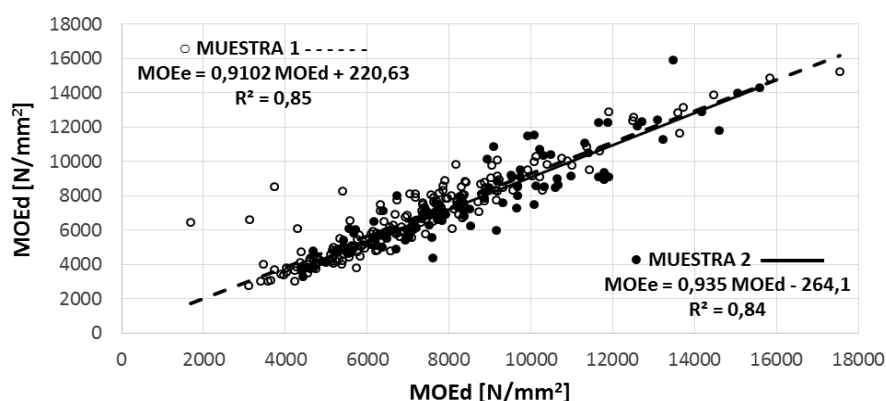
Al analizar la nudosidad, se observa que en ambas muestras (Tabla 3) existe mayor precisión en la estimación del MOEe cuando el material es de mejor calidad (menor índice de nudos) y que ésta decae a medida que aumenta el límite de nudosidad permitido. Lo cual resulta coherente porque las ondas acústicas son influenciadas principalmente por el tamaño de los nudos. Lo cual explica que las tablas que contienen un mayor porcentaje de nudos tienden a tener menor velocidad de propagación de la onda asociada a mayor variabilidad y dispersión de las mediciones (QUIL VILLA, 2009). Respecto al tercer perfil (Tabla 3), el grupo integrado por piezas con anillos de crecimiento menores a los 10 mm tanto para la muestra 1 como para la muestra 2 presenta una buena precisión en la estimación del MOEe, lo cual se condice con el hecho de que la velocidad del sonido depende del medio en el cual se transmite, siendo mayor en los materiales más densos (NIEMZ *et al.*, 1994). No obstante, no se evidencia dicha tendencia al analizar los demás grupos de este perfil, lo que se le puede atribuir al posible efecto conjunto tanto de la presencia de médula como de nudos.



**Tabla 2. Valor medio del módulo de elasticidad de cada muestra****Table 2. Mean value of the modulus of elasticity corresponding to each sample**

Muestra	n	MOEd [N/mm <sup>2</sup> ]	MOEe [N/mm <sup>2</sup> ]
MUESTRA 1	194	7082 (CV = 34 %)	6666 (CV = 36 %)
MUESTRA 2	99	8600 (CV = 30 %)	7777 (CV = 34 %)

Ref.: MOEd: Módulo de elasticidad dinámico, MOEe: Módulo de elasticidad estático, CV: Coeficiente de variación; n: cantidad de cuerpos de prueba.

**Gráfico 1. Recta de regresión lineal entre el módulo de elasticidad dinámico (MOEd) y el módulo de elasticidad estático (MOEe) para ambas muestras.****Graphic 1. Linear regression line between dynamic modulus of elasticity (MOEd) and static modulus of elasticity (MOEe) for both samples****Tabla 3. Valor medio del módulo de elasticidad para distintas calidades de madera****Table 3. Mean value of the modulus of elasticity for different timber qualities**

3. Mean value of the modulus of elasticity for different timber quantities						
Parámetros		Límites	n	MOEd [N/mm <sup>2</sup> ]	MOEe [N/mm <sup>2</sup> ]	MOEd/MOEe
Muestra 1	Médula	No	150	7484	7168	1,04
		Si	44	5709	4955	1,15
	Nudosidad	< 1/3	82	7983	7687	1,04
		1/3 a 2/3	92	6479	6105	1,06
		> 2/3	20	6156	5057	1,22
	Anillos de crecimiento	< 10 mm	32	9763	9332	1,05
		10 a 15 mm	97	7252	6952	1,04
		>= 15 mm	65	5507	4927	1,12
	Muestra 2	Médula	No	66	9517	8759
Si			33	6767	5814	1,16
Nudosidad		< 1/3	41	9890	9092	1,09
		1/3 a 2/3	46	7974	7187	1,11
		> 2/3	12	6593	5546	1,19
Anillos de crecimiento		< 10 mm	28	10788	9991	1,08
		10 a 15 mm	45	8367	7437	1,13
		>= 15 mm	26	6648	5983	1,11

Ref.: MOEd: Módulo de elasticidad dinámico, MOEe: Módulo de elasticidad estático, n: cantidad de cuerpos de prueba.

## CONCLUSIÓN

Puede concluirse que, si bien el MOEd obtenido a través de la técnica de vibración longitudinal utilizando el equipo PLG sobreestima levemente al valor del MOEe, el empleo del mismo presenta una ventaja operativa sobre fines prácticos en piezas de madera aserrada de *Pinus taeda/elliottii* de diferentes longitudes, lo cual alienta al desarrollo de nuevos estudios sobre el tema. A la vez, este estudio corroboró la influencia que ejercen los principales parámetros visuales (nudosidad, médula y anillos de crecimiento) en la transmisión de las ondas acústicas, lográndose una mayor precisión en la estimación del MOEe en aquellas piezas de mejor calidad.

## AGRADECIMIENTOS

Un agradecimiento especial a la empresa Laharrague Chodorge S.A. por la donación del material de ensayo, a los ingenieros Eduardo Torrán y Ricardo Gómez por su participación en el acondicionamiento y ajuste del equipamiento, y a los becarios del grupo GEMA por su colaboración en la realización de los ensayos del programa empírico.

## BIBLIOGRAFÍA

CARREIRA, M.; Alves Dias, A. 2006. Critérios para classificação visual de peças estruturais de *Pinus SP*. Cadernos de Engenharia de Estruturas, 8(34): 17-43.

CIRSOC 601 2013. Reglamento Argentino de Estructuras de Madera. Instituto Nacional de Tecnología Industrial. Buenos Aires. Argentina.

CHAN MARTÍN, M.; Araujo Molina, A.; Azueta García, M. 2002. Los defectos naturales en la madera aserrada. Ingeniería Revista Académica, 6(001): 29-38.

DÁVALOS-SOTELO, R.; Ordóñez Candelaria, V. R. 2011. Influencia de los nudos sobre la resistencia en flexión estática en madera de tamaño estructural. R. Ciencia Forestal México, 2(7): 43-46.

FAO 2004. Estudio de tendencias y perspectivas del sector forestal en América Latina al año 2020, Informe Nacional Argentina. Disponible en <http://goo.gl/v0SCxZ>, acceso el 12/07/2016.

GLOS, P. 1995. Strength grading. Basis of design, material properties, structural components and joints. Timber Engineering STEP 1, pp. A6/1-A6/8. Centrum Hout, The Netherlands.

HASELEIN, C.; Cechin, E.; Santini, E.; Gatto, D.A. 2000. Características estruturais da madeira de *Pinus elliottii* engelm aos 30 anos de idade. Revista Ciência Florestal, 10(2): 135-144.

HOFFMEYER, P. 1995. Wood as a building material. Timber Engineering. Basis of design, material properties, structural components and joints. STEP 1: pp. A4/1-A4/21. Centrum Hout, The Netherlands.

ÍÑIGUEZ GONZÁLEZ, G. 2007. Clasificación mediante técnicas no destructivas y evaluación de las propiedades mecánicas de la madera aserrada de coníferas de gran escuadría para uso estructural. Tesis doctoral. Universidad Politécnica de Madrid, 236 pp.

ÍÑIGUEZ GONZÁLEZ, G.; Arriaga Martitegui, F.; Herrero, M.; Argüelles Álvarez, R. 2007. Los métodos de vibración como herramienta no destructiva para la estimación de las propiedades resistentes de la madera aserrada estructural. Informes de la Construcción, 59(506): 97-105.

IRAM 9662-3 2015. Madera laminada encolada estructural, Clasificación visual de las tablas por resistencia. Parte 3: Tablas de pino taeda y elliotti (*Pinus taeda* y *elliottii*). Instituto Argentino de Normalización y Certificación. Buenos Aires. Argentina.

IRAM 9663 2013. Estructuras de madera. Madera aserrada y madera laminada encolada para uso estructural. Determinación de algunas propiedades físicas y mecánicas. Instituto Argentino de Normalización y Certificación. Buenos Aires. Argentina.

IRAM 9664 2013. Madera estructural. Determinación de los valores característicos de las propiedades mecánicas y la densidad. Instituto Argentino de Normalización y Certificación. Buenos Aires. Argentina.

ISO 3130 1975. Wood – Determination of moisture content for physical and mechanical tests. International Organization for Standardization.

MOYA, L.; Cardoso, A.; Cagno, M.; O'Neill, H. 2015. Caracterización estructural de madera aserrada de pinos cultivados en Uruguay. Maderas. Ciencia y tecnología 17(3): 597- 612.

NIEMZ, P.; Aguilera, A.; Roller, A. 1994. Velocidad de propagación del sonido en algunas especies creciendo en Chile y su relación con propiedades físicas. Revista Bosque 15(2):49-54.

O'NEILL, H. 2004. Estimación de la calidad de la madera producida en el Uruguay para uso estructural

y su evaluación en servicio por métodos no destructivos. Departamento de Proyectos Forestales - Laboratorio Tecnológico del Uruguay. Nota técnica, 9 pp.

PÉREZ DEL CASTILLO, A.; de Castro, R.; Ohta, S. 2000. Ensayos de propiedades mecánicas de *Pinus taeda* por seis métodos no destructivos. Proyecto de Tecnología de Ensayo de Productos Forestales LATU-JICA (1998-2003).Informe de Investigación N°1, 28 pp.

QUIL VILLA, C. 2009. Estimación del módulo de elasticidad por medio de la velocidad de propagación del sonido en madera de Aromo australiano. Trabajo de Titulación. Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Forestales. 73 pp.

SIFIP 2015. Sistema de Información Foresto-Industrial Provincial.

SOTOMAYOR CASTELLANOS, J.; Villaseñor Aguilar, J. 2006. Comportamiento viscoelástico de la madera de *Prosopis* sp. Madera y Bosques 12(2): 3- 15.

# BOSQUE SECUNDARIO DE LA RESERVA DE GUARANÍ, MISIONES: DINAMICA DEL ESTRATO ARBÓREO Y LA REGENERACIÓN NATURAL EN EL PERIODO 2003-2015

THE SECONDARY FOREST OF THE RESERVE OF GUARANI, MISIONES: EVOLUTION OF THE ARBOREAL STRATUM AND NATURAL REGENERATION IN THE PERIOD 2003-2015

Fecha de recepción: 28/09/2016 // Fecha de aceptación: 02/05/2017

## Vera Norma

Ing. Forestal MSc. Cátedra de Silvicultura. Facultad de Ciencias Forestales. UNaM. Bertoni 124. Eldorado CP 3380. Misiones. E-mail: nvera@facfor.unam.edu.ar

## López Cristóbal Lidia

Ing. Forestal MSc. Cátedra de Ecología. Facultad de Ciencias Forestales. UNaM. Bertoni 124. Eldorado CP 3380. Misiones. E-mail: lidia@facfor.unam.edu.ar

## Reyes Lidia

Becaria de investigación. Estudiante avanzada de Ing. Forestal. Facultad de Ciencias Forestales. UNaM. Bertoni 124. Eldorado CP 3380. Misiones. E-mail: lidiamabel\_reyes@yahoo.com.ar

## Mallorquín Alan

Colaborador. Estudiante avanzado de Ing. Forestal Facultad de Ciencias Forestales. UNaM. Bertoni 124. Eldorado CP 3380. Misiones.

## RESUMEN

Este trabajo fue realizado en la Reserva de Uso Múltiple de Guaraní (RUMG), Provincia de Misiones, Argentina. El objetivo fue evaluar la dinámica de un bosque secundario con uso anterior de agricultura de subsistencia y con disponibilidad de fuente de semillas cercana, en el periodo 2003-2015. Fueron relevados datos del estrato arbóreo, la regeneración natural, la cantidad y tamaño de claros, afectación de árboles por lianas y la dominancia de bambúceas. Los resultados indican que en 12 años, no hay cambios relevantes en la riqueza y la diversidad del bosque; estos atributos presentan una recuperación más lenta que algunos parámetros de la estructura como la dominancia total que alcanzó 36,54 m<sup>2</sup>/ha a los 47 años. La densidad de árboles continúa siendo elevada; se observaron cambios en la estructura total del bosque reflejados en las distribuciones del número de individuos y del área basal por clases diamétricas. Se relevaron 25.208 renovales /ha, de 35 especies. La dominancia de bambúceas es baja, al igual que la afectación de árboles por lianas. El ciclo de regeneración como proceso dinámico aún es incipiente en este bosque, con baja frecuencia de claros de pequeñas dimensiones.

## SUMMARY

This study was performed on the Multipurpose Guaraní Reserve (RUMG), in the province of Misiones, Argentina. The objective was to evaluate the evolution of a secondary forest with previous land use of subsistence agriculture and source of seed available nearby, in the period 2003-2015. Data collected include tree layer, natural regeneration, the amount and size of clear-cuts, effect on trees by vines and bamboo dominance. The results indicate no significant changes over the 12 year period in the richness and diversity of the forest, however, these variables have a slower recovery than some structure parameters such as the total dominance, which has reached 36,54 m<sup>2</sup>/ ha in 47 years. Tree density remains high; changes observed in the overall structure of the forest were reflected in the distributions of the number of individuals and basal area by diameter class. These were recorded as 25208 saplings/ ha and 35 species. Dominance of bamboo and the effect of vines were both low. The regeneration cycle as a dynamic process is still incipient in this forest, with a small number of clear-cuts.

**Palabras clave:** Bosque secundario; Evolución; Reserva de Guaraní.

**Key words:** Secondary forest, evolution, Guaraní reserve.

## INTRODUCCION

La provincia de Misiones, en el Ordenamiento Territorial de los bosques nativos, LEY PROVINCIAL XVI N° 105, definió el 59% de la superficie boscosa actual en la categoría de conservación II; estos bosques, que representan 967.192 ha, no pueden ser convertidos a otros usos y deben ser manejados de manera sustentable. Comprenden bosques primarios en distintos estados de conservación y fragmentación y bosques secundarios de diferentes edades de evolución, uso previo y contexto o matriz de inserción. Como ocurre en gran parte de las zonas tropicales y subtropicales, una importante proporción de los bosques a manejar se encuentran en este último grupo, es decir son bosques secundarios, aun en etapas sucesionales (FINEGAN, 1992).

El potencial biológico, considerado elevado en muchas regiones, radica en la composición de especies, predominantemente heliófitas durables de rápido crecimiento en etapas avanzadas, con maderas de buena aceptabilidad comercial o con posibilidades de ser tratadas para aumentar su durabilidad (FINEGAN, 1992).

La mayor o menor rapidez con que estos ecosistemas recuperan las funciones protectoras y de producción depende de dos factores condicionantes, el estado del suelo (grado de degradación por uso anterior) y la disponibilidad de semillas (FINEGAN, 1992; GUARIGUATA y OSTERTAG, 2001; BACCALINI y SRUR, 2003). Existen estudios realizados en Centroamérica, en condiciones de no degradación del suelo, que indican producción de madera en bosques secundarios de 35 años; los productos son de bajos diámetros y de especies con maderas de densidad media, por lo que su durabilidad y resistencia deben ser trabajadas, (FINEGAN y SABOGAL, 1988; FINEGAN, 1992; GUARIGUATA y OSTERTAG, 2001; VERA *et al*, 2009).

La recuperación en esas mismas condiciones de las funciones de protección se produce rápidamente por la elevada densidad y área basal que adquieren estos bosques en pocos años. El modelo desarrollado por Finegan y Sabogal, (FINEGAN, 1992) para Centroamérica en suelo no degradado señala que en una segunda etapa el dosel arbóreo es denso y dominando por árboles de heliófilas efímeras las cuales desaparecen cuando cumplen su ciclo de vida (aproximadamente 15-25 años). bido a los atributos mencionados, en distintas regiones de

América Tropical los bosques secundarios están siendo considerados como sistemas de producción y ya se cuentan con sistemas silviculturales y opciones de manejo en aplicación (FINEGAN, 1992; VERA *et al*, 2009), contrariamente a lo que sucede en Misiones donde los estudios son aislados e incipientes en relación a temáticas de manejo de estos ecosistemas; esta situación los expone como los bosques más susceptibles de ser transformados a otros usos.

Respecto a estudios disponibles para la región, se cuenta con resultados de trabajos que abarcan unas pocas variantes de situaciones iniciales (uso anterior, distancia a bosques nativos, extensión, entre otros) corto tiempo de estudios y/o con discontinuidad (DESCHAMPS y OCHOA, 1987; HOLZ, 2007; HOLZ y PLACCI, 2003; BACCALINI y SRUR, 2003; VERA *et al*, 2007; VERA *et al*, 2009, VERA *et al*, 1999).

La importancia de estudiar la variación del potencial biológico de los bosques secundarios en relación a los dos factores determinantes para su desarrollo, es un aspecto crucial para concluir sobre el potencial de estos ecosistemas para ser manejados productivamente y avanzar en el desarrollo de sistemas silviculturales y de manejo apropiado. Estos deberán priorizarla recuperación de los valores funcionales, de biodiversidad y de producción maderable, según sea cada situación particular. Paralelamente se deberán también estudiar las aptitudes tecnológicas de las especies que dominan estos sistemas y los tratamientos para mejorarlas, así también como los mercados particulares que requieren los productos de menores diámetros como los que predominan en los bosques secundarios (FINEGAN, 1992).

El objetivo de este trabajo es presentar los resultados obtenidos en la evaluación de la dinámica de un bosque secundario de la Reserva de Guaraní en el período 2003-2015, en términos de riqueza, diversidad y estructura. Las tendencias que se desprenden de los resultados de estas evaluaciones, son para el caso analizado y se señala la necesidad de avanzar en el estudio de otros bosques y distintas edades de abandono y situaciones de uso anterior, disponibilidad de semillas, como así también en técnicas silviculturales, dada la creciente superficie de ocupación de estos ecosistemas.

## MATERIALES Y METODOS

### Descripción del sitio



El trabajo se llevó a cabo en un sector de bosque secundario de 47 años de edad al año 2015, ubicado en la Reserva de Uso Múltiple Guaraní, perteneciente a la Universidad Nacional de Misiones y administrada por la Facultad de Ciencias Forestales. La edad de abandono del sitio y el uso previo fueron obtenidos a través de consultas con informantes del lugar y técnicos de la Facultad de Ciencias Forestales que conocían dichos antecedentes. Su ubicación geográfica es en el departamento Guaraní, Municipio de El Soberbio (27° 57' S 54° 15' O). El sitio tuvo un uso anterior de bosque nativo primario; el mismo fue desmontado por habitantes de una pequeña comunidad aborígen de la etnia Mbyá- Guaraní que habita en la Reserva, para su asentamiento (viviendas y cultivos). La actividad desarrollada por la comunidad fue la agricultura de subsistencia y posteriormente el abandono del sitio, tal como es la tradición de la comunidad en el uso de la tierra. El área seleccionada para el estudio cuenta con una extensión de 3 ha; cuenta con una fuente cercana de semillas de especies nativas provenientes del bosque primario bien conservado que rodea el bosque secundario.

## Metodología

Desde el año 2003 al 2015 se desarrollaron mediciones periódicas del estrato arbóreo y la regeneración natural (estrato que fue incluido en relevamientos del 2015), de las cuales se consideran para este trabajo las mediciones de los años: 2003, 2008 y 2015. Para el estrato arbóreo se realizaron las mediciones de diámetro a 1,30 cm de altura (DAP) de todos los individuos  $\geq$  a 5 cm de DAP en una parcela permanente de 0,75 ha, de forma rectangular, ubicada al azar dentro de las 3 ha de bosque. Se describieron la riqueza, diversidad, estructura por especie (a través de la densidad, dominancia, frecuencia y valor de cobertura) y Estructura Total (Abundancia y dominancia total); también se graficó la curva de distribución de frecuencias diamétricas.

Se evaluó la carga de lianas en árboles, según una escala que varía entre 0 y 5, aumentando el índice con el mayor grado de afectación del árbol, correspondiendo 0 al árbol sin lianas.

Para la regeneración natural se relevaron datos de especies y regeneración de individuos entre 30 cm de altura y < 5cm de DAP (brinzales y latizales) en tres parcelas dispuestas al azar y cuyas áreas mínimas fueron definidas. En cada parcela de regeneración natural, dividiéndola en cuatro partes iguales, se evaluó la superficie (en %) ocupada por distintas especies de Bambú, para determinar la dominancia de esta forma de vida, sin identificarlas a nivel de especies.

Se determinó dentro de la parcela de 0,75 ha, la cantidad y tamaño de claros naturales recientes para evaluar la relevancia del ciclo de regeneración como proceso dinámico en este bosque. Se identificaron como claro reciente, las aperturas comprendidas desde el piso del bosque hasta los 5 metros de altura.

El procesamiento de datos se realizó con planilla de cálculo del Programa EXCEL (tabla dinámica, gráficos y fórmulas), programa PAST, para el cálculo de Índices de diversidad del bosque como Shannon, Simpson y el índice de equidad de Pielou; también para el cálculo de los parámetros de estructura como densidad, dominancia y los índices de valor de cobertura de las especies.

## RESULTADOS Y DISCUSION

### Estrato arbóreo

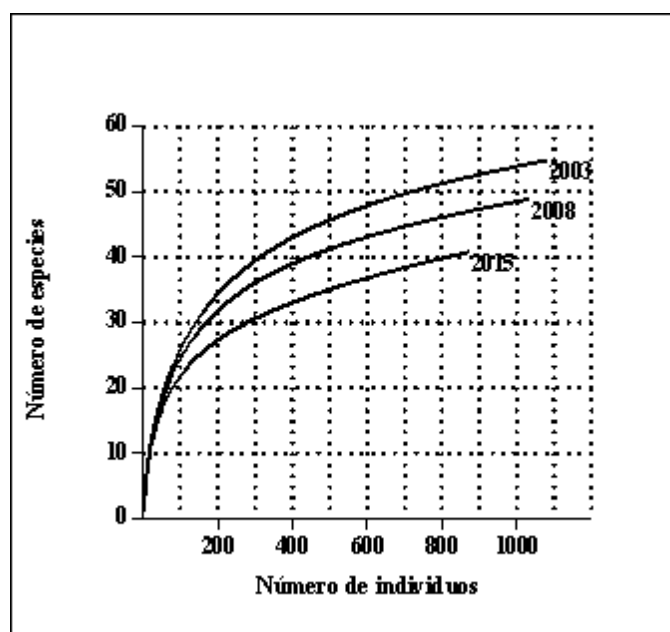
En la tabla 1 se presentan los parámetros de diversidad y estructura obtenidos en las tres mediciones. La riqueza fue medida en el año 2015 en una parcela de menor tamaño que la utilizada en las mediciones anteriores; para hacer posible la comparación y evaluar la tendencia de este parámetro, se obtuvo por el método de rarefacción (MORENO, 2001), la riqueza para los tres años correspondiente a una muestra de 871 individuos, cuyos valores fueron 52, 47 y 41 especies en los años 2003, 2008 y 2015 respectivamente (Gráfico 1). Estos valores ratifican la disminución en la riqueza de especies en la parcela permanente en el periodo evaluado, al igual que el número de familias, afectando también levemente la diversidad, que puede observarse a través de los índices de Simpson y Shannon (Tabla 1). Entre el año 2003 y 2008 se produjo una reducción del número de especies debido a la alta mortalidad de individuos de especies heliófitas efímeras principalmente. En el año 2015, estas especies características de los primeros estadios de la sucesión secundaria que se habían relevado en la primera medición, ya no se encontraban presentes, posiblemente por haber completado su ciclo de vida. Este mecanismo de reemplazo de especies es el que permite la sucesión, donde en cada etapa posterior se puede ir encontrando una composición diferente de especies y una mayor estatura y complejidad del ecosistema (FINEGAN, 1992; VERA, 2009).

El índice de Equidad de Pielou señala que si bien la equidad es elevada, no es comparable con la de bosques primarios maduros (MAGURRAN, 1988) Esta característica se ajusta a los esperado para estos ecosistemas e influye disminuyendo la diversidad de los bosques.

Puede observarse en la tabla 1, que los cambios en la densidad total y el diámetro medio de los árboles no fueron relevantes; continúa predominando una elevada densidad de árboles (mayores a 5 cm de DAP), de bajos diámetros medios y una elevada dominancia total; según este último parámetro el grado de cobertura en el 2015 alcanzó 36, 54 m<sup>2</sup>/ha, valor superior al del bosque primario de Guaraní, que a su vez presenta una densidad mucho menor a la del bosque secundario (VERA *et al* 2009).

**Tabla 1: Estructura, riqueza y diversidad en las tres mediciones.****Table 1: Structure, richness and diversity in the three measurements.**

Año	2003	2008	2015
Riqueza específica	55 (0,75 ha)	49 (0,75 ha)	41 (0,56 ha)
Riqueza (por rarefacción)	52	47	41
Nº de familias	27 (0,75 ha)	26 (0,75 ha)	21 (0,56 ha)
Área basal (m <sup>2</sup> /ha)	21,72	27,59	36,54
Nº individuos/ha	1464	1394,7	1575,11
DAP medio (cm)	11,74	14	14,58
Simpson_1-D	0,9166	0,9177	0,9145
Shannon_H	2,951	2,909	2,804
Equidad de Pielou	0,7365	0,7475	0,7551

**Gráfico 1: Curva de rarefacción relacionando el número de especies a encontrar a medida que varía el tamaño de la muestra.****Graph 1: Rarefaction curve of the number of species and sample size .**

El gráfico 2, muestra los cambios en la distribución del número de individuos por clases de DAP. Gradualmente la estructura ha ido variando hacia una curva que para el 2015 señala menor ingreso a la clase de 5 cm de DAP y un leve aumento de individuos en las clases mayores de DAP con el aumento de edad del bosque y consecuentemente una mayor incidencia de las clases de DAP mayores en términos de representatividad del área basal (gráfico 3).

Se observan tendencias a leves cambios en las distintas mediciones respecto al valor de cobertura de las especies, observándose que las especies que tienen un mayor peso en la estructura del bosque continúan siendo prácticamente las mismas. Las especies con mayor cobertura en cada periodo son en su gran mayoría heliófitas durables, a excepción de Timbo blanco (*Ateleia glazioviana* Baill.) que puede ser considerada una heliófita efímera y yerba mate (*Ilex paraguariensis* A. St.-Hil. ) como una especie esciófita.

parcial o tolerante a la sombra. Se resalta la importancia en términos de estructura, de unas pocas especies; en cada medición, 10 especies concentran aproximadamente el 80 % del valor total de cobertura. Se destacan en las tres mediciones *Ocotea puberula*

(Rich.) Nees, *Luhea divaricata* Mart., *Maytayba eleagnoides* Radlk. y *Ateleia glazioveana* Bail. (Laurel guaica, Sota caballo, Camboata blanco y Timbo blanco, respectivamente) como las especies de mayor valor de cobertura (Tabla 2).

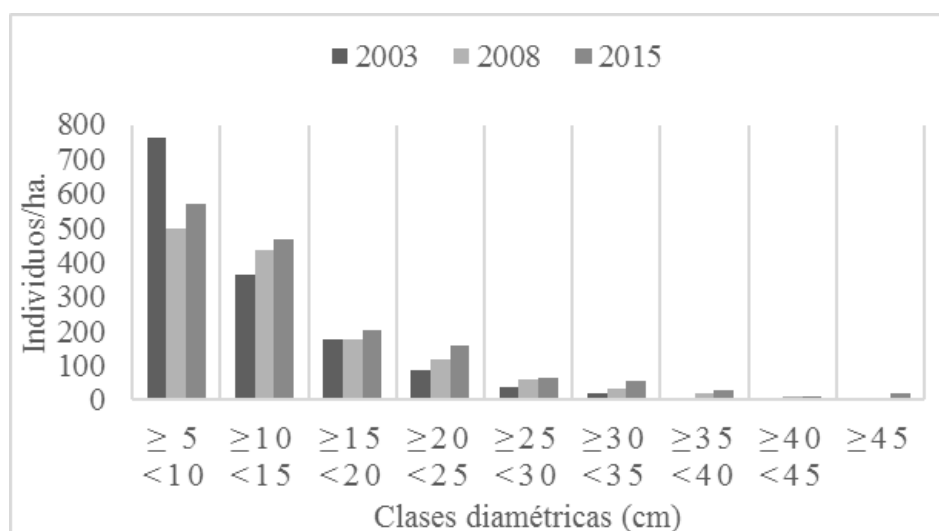


Gráfico 2: Distribución del Número de individuos por clases de DAP, en las tres mediciones.

Graph 2: Distribution of number of individuals by DBH classes, in the three measurements.

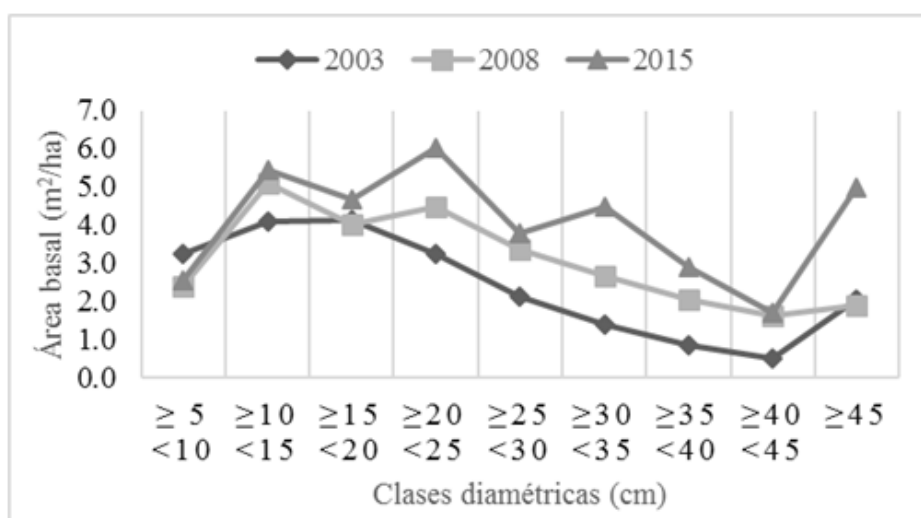


Gráfico 3: Distribución del Área basal por clases de DAP, en los tres periodos medidos.

Graph 3: Distribution of basal area by DBH classes in the three measurement periods.

**Tabla 2: Diez especies de mayor valor del IC (Índice de cobertura) en las distintas mediciones.**  
**Table 2: Ten species of higher IC value (Coverage index) in the different measurements.**

Año 2003		Año 2008		Año 2015	
Especie	IC	Especie	IC	Especie	IC
<i>Ocotea puberula</i> (Rich.) Nees	34,18	<i>Ocotea puberula</i> (Rich.) Nees	36,63	<i>Ocotea puberula</i> (Rich.) Nees	50,36
<i>Ateleia glazioviana</i> Baill.	30,73	<i>Ateleia glazioviana</i> Baill.	29,17	<i>Matayba eleagnoides</i> Radlk.	21,17
<i>Luhea divaricata</i> Mart.	22,45	<i>Luhea divaricata</i> Mart.	22,45	<i>Luhea divaricata</i> Mart.	20,96
<i>Matayba eleagnoides</i> Radlk.	20,20	<i>Matayba eleagnoides</i> Radlk.	20,86	<i>Ateleia glazioviana</i> Baill.	19,75
<i>Ilex paraguayensis</i> A. St.-Hil.	17,72	<i>Ilex paraguayensis</i> A. St.-Hil.	19,55	<i>Ilex paraguayensis</i> A. St.-Hil.	15,82
<i>Ilex brevicuspis</i> Reissek	10,76	<i>Ocotea dyospyrifolia</i> (Meisn.) Mez	9,15	<i>Ocotea dyospyrifolia</i> (Meisn.) Mez	9,62
<i>Fagara rohifolia</i> (Lam.) Engl.	7,93	<i>Fagara rohifolia</i> (Lam.) Engl.	6,52	<i>Prunus brasiliensis</i> (Cham. & Schltdl.) D. Dietr.	7,83
<i>Ocotea dyospyrifolia</i> (Meisn.) Mez	5,73	<i>Prunus brasiliensis</i> (Cham. & Schltdl.) D. Dietr.	6,36	<i>Nectandra megapotamica</i> (Spreng.) Mez	7,06
<i>Prunus brasiliensis</i> (Cham. & Schltdl.) D. Dietr.	5,02	<i>Lonchocarpus leucanthus</i> Burkart	5,37	<i>Ilex brevicuspis</i> Reissek	4,81
<i>Lonchocarpus leucanthus</i> Burkart	3,77	<i>Nectandra lanceolata</i> Nees	4,25	<i>Lonchocarpus leucanthus</i> Burkart	4,58
<b>Total de IC</b>	<b>158,49</b>	<b>Total de IC</b>	<b>160,32</b>	<b>Total de IC</b>	<b>161,95</b>

En el estrato de la regeneración natural evaluado en el año 2015, se encontraron 35 especies pertenecientes a 18 familias. La densidad total de renovales fue de 25.208 plantas /ha, que considerando que se evaluaron individuos de 30 cm de altura a 5 cm de diámetro, puede considerarse como una buena densidad (EIBL *et al.*, 1993) aunque con una composición de muy pocas especies de importancia comercial. Entre las de mayor abundancia se mencionan: *Matayba eleagnoides* Radlk. (9,92%), *Miconiatriplinervis* Ruíz y Pav. (9,92%), *Ocotea dyospyrifolia* (Meisn.) Mez (9,50%), *Cestrum laevigatum* Schltdl. (6,20%), *Allophylus edulis* (A. St.-Hil., A. Juss. & Cambess.) Radlk. (8,26%), *Lonchocarpus leucanthus* Burkart (5,79%), entre otras, de las cuales solo dos tienen aceptación comercial.

En las parcelas se encontró que la dominancia del bambú como grupo, sin identificar especies, no superó el 25 %. Esta situación difiere de las elevadas dominancias de esta forma de vida que puede encontrarse en las zonas de bosque primario de Guaraní, especialmente en las zonas de bosque aprovechado REYES (Datos sin publicar).

La frecuencia de claros en este ecosistema es aun baja, señalando que el ciclo de regeneración como proceso dinámico, es incipiente probablemente por la edad del bosque. Se encontró un solo claro de 117 m<sup>2</sup> de superficie en 0,75 ha, significando que el 2,1 % de la superficie del bosque está en fase de claro, menor a la superficie evaluada en bosques tropicales no manejados donde los claros pueden llegar a ocupar hasta el 10 % de la superficie y también a los valores encontrados por

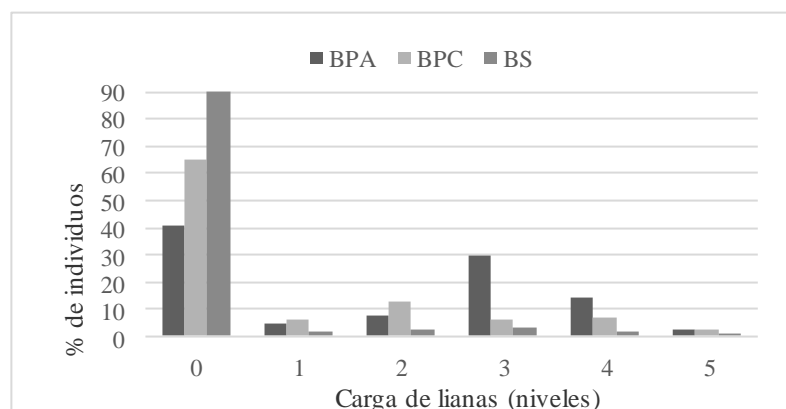
REYES (Datos sin publicar) para parcelas ubicadas en el bosque primario de Guaraní (Tabla 3)

El grado de afectación de los árboles por lianas, entendiéndose como tal, la cantidad de árboles afectados y la proporción de copa y/o fuste afectado (carga de lianas), resulto menor para el bosque secundario, en relación a lo que ocurre en el bosque primario maduro, y sobre todo en el aprovechado, tal como puede observarse en el gráfico 4 (REYES, datos sin publicar). El 90% de los individuos se encuentran libres de lianas y el 3,5 % poseen lianas en más del 50% en fuste y copa.

**Tabla 3: Área de bosque secundario (BS) y bosque primario aprovechado (BPA) y sin aprovechar (BPC) ocupada por claros.**

**Table 3: Area of secondary forest (BS) and primary logged (BPA) and unlogged forests (BPC) occupied by gaps.**

		Situaciones de Bosques		
		BPA	BPC	BS
Nº de claros		9	5	1
Superficie	total	2150	340	208
claros (m <sup>2</sup> /ha)				
Superficie	claros/ha	21,5	3,4	2,1
(%)				



**Gráfico 4: Carga de lianas en el bosque secundario (BS) y en bosque primario aprovechado (BPA) y sin aprovechar (BPC).**

**Graph 4: Lianas load in secondary forest (BS) and primary logged (BPA) and unlogged forest (BPC).**

## CONCLUSIONES

El bosque secundario de Guaraní, presenta una tendencia de lenta recuperación de la riqueza y de la composición de especies que caracteriza al bosque primario de la Reserva.

Esta tendencia observada se ajusta a los antecedentes disponibles para bosques secundarios de distintas regiones tropicales y subtropicales; los mismos indican que dichos atributos se recuperan más lentamente que otros relacionados a la estructura en los bosques secundarios y están muy condicionados por la disponibilidad de semillas y el uso anterior del sitio. El predominio de un dosel de especies heliófitas durables se considera acorde a la edad de la sucesión; así también, el peso en la estructura arbórea de unas pocas especies, es otra característica citada por los antecedentes mencionados para estos ecosistemas.

La estructura continúa caracterizada por una elevada densidad y dominancia, con predominio de árboles de bajos valores de diámetros medios.

Se resalta para el periodo relevado las siguientes tendencias, un importante crecimiento en dominancia total del bosque, pocos cambios en la estructura total y por especies. Se relevó una importante densidad de renovales, aunque con una composición predominante de especies no comerciales. La dinámica de formación de claros aún es baja; el 2,08 % de la superficie se encuentra en fase de claro y la ocupación de formas de vida como los bambúes y lianas es baja en comparación con el bosque primario de Guaraní.

Si bien se puede inferir sobre el valor particular de este ecosistema y su potencial para recuperar en un corto- mediano plazo las funciones de protección (del suelo, del agua), no sucede lo mismo con la recuperación en términos de productividad maderable. Esta última es lenta y requeriría de un manejo silvicultural que permita

regular la densidad y promover la regeneración natural de las especies de mayor interés. Estas opciones de manejo deberán ser evaluadas como así también su combinación con técnicas de enriquecimiento de baja intensidad y con las especies características del bosque de la Reserva, aumentando así la diversidad y el valor de producción del ecosistema.

## AGRADECIMIENTOS

Al Ingeniero Forestal Julián Rivero, y al señor Federico Robledo por su acompañamiento y cooperación en las mediciones en el campo; al Ingeniero Forestal Gustavo Miranda por su colaboración en la traducción de textos al inglés y a las autoridades de la Facultad de Ciencias Forestales, por el apoyo logístico para las salidas al predio Guaraní.

## BIBLIOGRAFÍA

BACCALINI, P.; Srur M. 2003. Indicadores de Recuperación de Atributos de Bosque Nativo para Bosques Secundarios en el Noroeste de Misiones para Lipsia S. A. En Décimas Jornadas Técnicas Forestales y Ambientales 2003. Facultad de Ciencias Forestales. UNaM. EEA Montecarlo INTA. Eldorado, Misiones.

DESCHAMPS, J.; Ochoa Ferreira, M. 1987. Estudios sobre las comunidades post climáticas de Misiones. Actas de IV Jornadas Técnicas de bosques nativos degradados. Facultad de Ciencias Forestales, UNaM. Pág. 36-45.

EIBL, B.; Vera, N; Szscsipanski, L; Ríos, R. 1993. Regeneración natural de especies nativas de la selva misionera. Acta I de VII jornadas sobre ecología del bosque nativo. Facultad de Cs. Forestales.



FINEGAN, B. 1992. El potencial de manejo de los bosques húmedos secundarios neo tropicales de tierras bajas. Colección Silvicultura y Manejo de bosques naturales. N°5. CATIE. Costa Rica.29 p

FINEGAN, B.; Sabogal, C. 1988. El desarrollo de sistemas de producción sostenible en bosques tropicales húmedos de bajura: un estudio de caso en Costa Rica (Partes I y II). El Chasqui Costa Rica. 17:3-24; 18:16-24.

GUARIGUATA, M y Ostertag, R. 2001. Neotropical secondary forest succession: changes in structural and functional characteristics. Elsevier – Forest ecology and management - .N°148, p 185 – 206.

HOLZ, S. 2007. Patrones de cambio durante la recuperación de la vegetación en campos agropecuarios abandonados del Bosque Atlántico del Alto Paraná. Tesis doctoral. Departamento de Ecología, Genética y Evolución. Laboratorio de Ecología Regional. Buenos Aires, 2007.

HOLZ, S.; Placci, G. 2003. Dinámica de Regeneración en Bosques Secundarios Subtropicales, X Jornadas Técnicas Forestales y Ambientales. Facultad de ciencias Forestales. UNaM. EEA Montecarlo INTA. Eldorado, Misiones

LAMPRECHT, H. 1990. Silvicultura en los Trópicos. Los ecosistemas forestales en los bosques tropicales y sus especies arbóreas-posibilidades y métodos para un aprovechamiento sostenido-. Cooperación técnica GTZ - República Federal de Alemania. Eschborn.

Ley XVI N° 105 Ordenamiento Territorial de los bosques Nativos, Provincia de Misiones. Ministerio de Ecología y Recursos Naturales Renovables de Misiones.

MORENO, C. E. 2001. Manual de Métodos para medir Biodiversidad. Parte 1. Colección M&T SEA. Vol.1. Zaragoza, 84 pp. Centro de Investigaciones Biológicas, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Apartado Postal 69 Plaza Juárez, Pachuca, Hidalgo, 42001, México.

REYES, L. M. Proyecto Integradora Final: Evolución de un Bosque secundario y comparación respecto a los primarios en la Reserva de Uso Múltiple Guaraní, Misiones. Carrera de Ingeniería Forestal de la Facultad de Ciencias Forestales-UNaM. (Sin publicar).

VERA, N. López Cristóbal, L. Sosa, G. y López, M. 2009. Los bosques secundarios: su

ecología y potencialidades productivas. Dos estudios de caso en Misiones.

VERA, N. López Cristóbal, L. Sosa, G. y López, M. 2007. Evolución florística y estructural de un bosque secundario de la reserva de Guaraní.

VERA, N.; López Cristóbal, L. 1999. El potencial productivo de un bosque secundario de la reserva de Uso Múltiple de Guaraní, Misiones, Argentina. Revista Yvyrareta N°9. Facultad de Ciencias Forestales, UNaM. Pág. 81-86.

## 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 de el 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 “*etal.*” (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 (Reppet, 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 mejorinterpretación 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:** Kozłowski 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](http://www.yvyrareta.com.ar)